

Technická univerzita v Liberci
Ústav zdravotnických studií

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technická univerzita v Liberci
Ústav zdravotnických studií



Studijní program: B 3944 – Biomedicínská technika

Studijní obor: 3901R032 – Biomedicínská technika

Pooperační morfometrické změny krční páteře

Postoperative morphometric changes of the cervical spine

Iveta Danilová

Bakalářská práce

2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Iveta DANILOVÁ**
Osobní číslo: **Z08000001**
Studijní program: **B3944 Biomedicínská technika**
Studijní obor: **Biomedicínská technika**
Název tématu: **Pooperační morfometrické změny krční páteře**
Zadávací katedra: **Ústav zdravotnických studií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Seznámení se s anatomii páteře.
2. Provedení rešerše morfometrických metod používaných pro kvantifikaci parametrů páteře a jejích segmentů.
3. Vybrání vhodné metody a její aplikace při měření určených parametrů specifikujících pooperační změny páteře na vybrané skupině případů.
4. Vyhodnocení získaných výsledků.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

50-70 stran

Forma zpracování bakalářské práce:

tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

- [1] NIGG, Benno M.; HERZOG, Walter. Biomechanics of the Musculo-skeletal System. Third Edition. Chichester : John Wiley & Sons Ltd., 2009. 672 s. ISBN 13978-0-470-01767-8.
- [2] DYLEVSKÝ Ivan. Funkční anatomie. GRADA, 2009. 544 s. ISBN 978-80-247-3240-4.
- [3] ROZMAN Jiří a kol. Elektronické přístroje v lékařství. ACADEMIA, 2006. 406 s. ISBN 80-200-1308-3.
- [4] Giuseppe Guglielmi, Luca Pio Stoppino, Maria Grazia Placentino, Francesco D'Errico, Francesco Palmieri. Reproducibility of a semi-automatic method for 6-point vertebral morphometry in a multi-centre trial. European Journal of Radiology, Volume 69, Issue 1, January 2009, Pages 173-178.
- [5] S. Goh, R. I. Price, S. Song, S. Davis, K. P. Singer. Magnetic resonance-based vertebral morphometry of the thoracic spine: age, gender and level-specific influences. Clinical Biomechanics, Volume 15, Issue 6, July 2000, Pages 417-425.
- [6] Rita Stagni, Alberto Leardini, Fabio Catani, Angelo Cappello. A new semi-automated measurement technique based on X-ray pictures for ankle morphometry. Journal of Biomechanics, Volume 37, Issue 7, July 2004, Pages 1113-1118.


Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Josef Novák, Ph.D.

Ústav nových technologií a aplikované informatiky

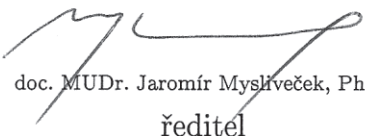
Datum zadání bakalářské práce: 30. dubna 2010

Termín odevzdání bakalářské práce: 30. dubna 2011


prof. Dr. Ing. Zdeněk Kůs
rektor

L.S.




doc. MUDr. Jaromír Myskviček, Ph.D.
ředitel

V Liberci dne 30. listopadu 2010

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce.

Datum: 24. 4. 2011

Podpis: *Lucie Danilova*

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu bakalářské práce panu Ing. Josefu Novákovi, Ph.D. za odborné vedení a rady, které mi umožnily vypracování této práce.

Děkuji Krajské nemocnici Liberec za poskytnutí materiálů pro uskutečnění experimentální části bakalářské práce.

Děkuji Technické univerzitě v Liberci, Ústavu zdravotnických studií a všem, kteří stáli za zrodem oboru Biomedicínská technika.

Děkuji Ing. Josefu Chudobovi, Ph.D. za konzultace ke statistickému zhodnocení výsledků.

V neposlední řadě také děkuji celé své rodině za finanční podporu, porozumění, přátelství a lásku.

Anotace

Jméno a příjmení autora: Iveta Danilová

Institute: Technická univerzita v Liberci, Ústav zdravotnických studií

Název práce: Pooperační morfometrické změny krční páteře

Vedoucí práce: Ing. Josef Novák, Ph.D.

Počet stran: 57

Počet příloh: 2

Rok obhajoby: 2011

Souhrn:

Bakalářská práce se zabývá anatomií a patologií páteře, zejména krčního segmentu. Věnuje se morfometrickým změnám krční páteře před a po atlantoaxiální fixaci. Jednotlivé parametry páteře byly měřeny v programu JiveX, nebo manuálně na rentgenových snímcích v předoperačním a pooperačním období.

Statistické zpracování má za úkol ukázat, zda existuje vztah mezi velikostí předoperačního zakřivení krční páteře a pooperačního zakřivení. Jestli má pohybový systém páteře snahu navracet pooperační sagitální zakřivení páteře do normálního, tzv. fyziologického stavu.

Klíčová slova: Krční páteř

Cobbova metoda

Translace obratlů

Lordóza

Kyfóza

Annotation

Name and surname: Iveta Danilová

Institution: Technical University of Liberec, Department of Health Studies

Title: Postoperative morphometric changes of the cervical spine

Supervisor: Ing. Josef Novák, Ph.D.

Pages: 57

Addenda: 2

Year: 2011

Summary:

Bachelor thesis deals with the anatomy and pathology of the spine, especially cervical segment. It focuses on morphometric changes of the cervical spine before and after atlantoaxial fixation. The parameters of the spine were measured in program JiveX, or manually on the X-ray imagery during the preoperative and postoperative period.

Statistical processing has the task to show, whether there is a relationship between the size of the cervical spine curvature preoperative and postoperative. Whether the spinal locomotor system tends to restore postoperative sagittal curvature of the spine to normal, so-called physiological state.

Key words: Cervical spine

Cobb method

Translation of the vertebrae

Lordosis

Kyphosis

Obsah

Seznam použitých zkratk.....	11
Úvod.....	12
I. TEORETICKÁ ČÁST	13
1. Kostra lidského těla.....	13
1.1 Páteř (columna vertebralis).....	14
1.2 Segmenty páteře.....	16
1.3 Stavba obratle	18
1.3.1 Krční obratle	18
1.3.2 Atlas.....	19
1.3.3 Axis.....	20
2 Komponenty páteře.....	21
2.1 Fixační komponenty páteře	22
2.2 Hydrodynamické komponenty páteře	22
2.3 Kinetické komponenty páteře	23
3 Stabilita osového systému	25
3.1 Zakřivení páteře	25
3.2 Pohyblivost páteře.....	26
4 Poranění páteře	27
4.1 Poranění krční páteře.....	29
4.1.1 Horní krční páteř	29
4.1.2. Dolní krční páteř.....	31
II. PRAKTICKÁ ČÁST	32
5. Metody pro měření parametrů páteře.....	33
5.1 Metodika měření úhlů mezi obratli.....	33
5.1.1 Měření úhlů mezi obratli	34
5.1.2 Cobbova metoda.....	35

5.1.3. Metoda Harrison posterior tangent	37
5.2 Translace obratlů	39
6. Zobrazení a měření obratlů krční páteře	40
6.1 Zobrazovací systémy	40
6.1.1 Program JiveX	41
6.1.2 Manuální měření	42
6.2 Fixace krčních obratlů	42
6.2.1 Diagnózy indikované k fixaci prvního a druhého obratle	42
6.2.2 Operační přístupy u fixace krčních obratlů	43
6. 3 Měřené parametry	44
7. Výsledky měření	47
7.1 Statistické zhodnocení výsledků	49
7.1.1 Obecná statistika	49
7.1.2 Testování hypotéz	49
7.2 Zhodnocení hypotéz	50
Závěr	52
Soupis bibliografických citací	53
Seznam obrázků	56
Seznam příloh	57

Seznam použitých zkratk

AA	atlantoaxiální
art.	kloub
artt.	klouby
C	obratel krční
Co	obratel kostrční
CT	výpočetní tomografie
L	obratel bederní
lig.	vaz
ligg.	vazy
m.	sval
mm.	svaly
MR	magnetická rezonance
RTG	rentgen
T	translace obratlů
Th	obratel hrudní

Úvod

Tak jak se zrychluje doba kolem nás, tak přibývá poranění páteře. Pády z výšek, adrenalinové sporty, rychlá jízda dopravními prostředky, to vše nutí lékaře překonávat hranice při operacích nejen mladých lidí. Nápomocny jsou lékařským týmům nové zobrazovací systémy, sofistikované lékařské přístroje a operační pomůcky.

Nejen úrazy jsou však indikací k operaci páteře. Dalšími důvody jsou vývojové vady, degenerativní onemocnění a nádory.

Velký důraz je kladen na pooperační stav pacienta. Co nejmenší bolesti a co nejkratší doba rekonvalescence, naopak co největší pohyblivost pacienta a vyšší životní úroveň, jsou ukazateli kladně hodnoceného výsledku operace.

Právě z tohoto důvodu je důležité monitorovat předoperační a pooperační stav pacienta. Po několika operacích stejného druhu je přínosné vytvořit studii o parametrech operovaného segmentu, stavu pacienta a vyvodit závěry, které jsou přínosné pro lékaře po celém světě. Znovu se tento kruh opakuje, a tím se vlastně posouvá věda (nejen lékařská) vpřed.

V případě operací páteře je jedním z nejdůležitějších parametrů fyziologické zakřivení páteře, které zajišťuje možnost pohybu a vzpřímené držení těla. Patologické zakřivení páteře v sagitální rovině vede ke dvěma závažným problémům. Vzpřímené držení těla zajišťuje očím přímý pohled vodorovně před člověka. Pokud dochází k neustálému záklonu, člověk se musí ustavičně předklánět, pokud dochází k permanentnímu předklonu, člověk je nucen se neustále zaklánět. Tyto kompenzační reakce pohybového aparátu člověka jsou většinou provázeny bolestmi krku, zad, nebo horních končetin.

Cílem této bakalářské práce je vytvořit studii o předoperačních a pooperačních parametrech krční páteře po atlantoaxiální fixaci, která by byla nápomocna lékařům při dalších operacích stejného charakteru.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. Kostra lidského těla

Kostru lidského těla tvoří osový skelet, ke kterému je připojen skelet horních a dolních končetin. Osový skelet se skládá z páteře, kostry hrudníku a lebky.

Pro orientaci v anatomii lidského těla jsou používány speciální názvy rovin a směrů, které jsou většinou odvozeny z latinského jazyka. Toto názvosloví je hojně užíváno, je logické a celosvětově známé. Anatomické roviny u člověka existují mediánní, sagitální, frontální a transverzální. Rovina mediánní je rovina zrcadlové souměrnosti. Svislá rovina, která prochází předozadně středem těla od hlavy k pánvi a dělí stojící tělo ve dvě zrcadlové poloviny (pravou a levou). Rovina sagitální je každá rovina rovnoběžná s rovinou mediánní. Rovina frontální je svislá rovina probíhající pravolevě tělem, rovnoběžně s obličejem, tedy kolmo na roviny sagitální. Rovina transverzální prochází vždy (při jakékoliv poloze těla) kolmo k podélné ose dané části těla. V základní anatomické poloze jsou u člověka orientovány horizontálně, kolmo na roviny sagitální i frontální.

Základní směry na lidském těle se dělí do tří podskupin. U každé skupiny je určující na jakou rovinu jsou tyto směry kolmé. Směry, které jsou kolmé na transverzální rovinu, se nazývají směry superior, inferior, cranialis a caudalis. Směr superior označuje směr proti směru gravitace. Opačně směr inferior značí směr gravitace. Směr nahoru k hlavě označujeme jako cranialis a naopak směr od hlavy dolů jako caudalis. Druhou podskupinou jsou směry kolmé na frontální rovinu. Známe čtyři tyto směry. Anterior používáme k označení směru vpřed a posterior k označení směru vzad. Pokud chceme popsat směr k břišní straně, nazveme ho ventralis a jeho opakem je směr k hřbetu, který označujeme dorsalis. Směry kolmé na mediánní rovinu nazýváme medialis, lateralis, dexter a sinister. Medialis je směr jdoucí ke středu blíže k mediánní rovině a jeho opozitem je směr lateralis. Dexter znamená pravý a sinister levý.

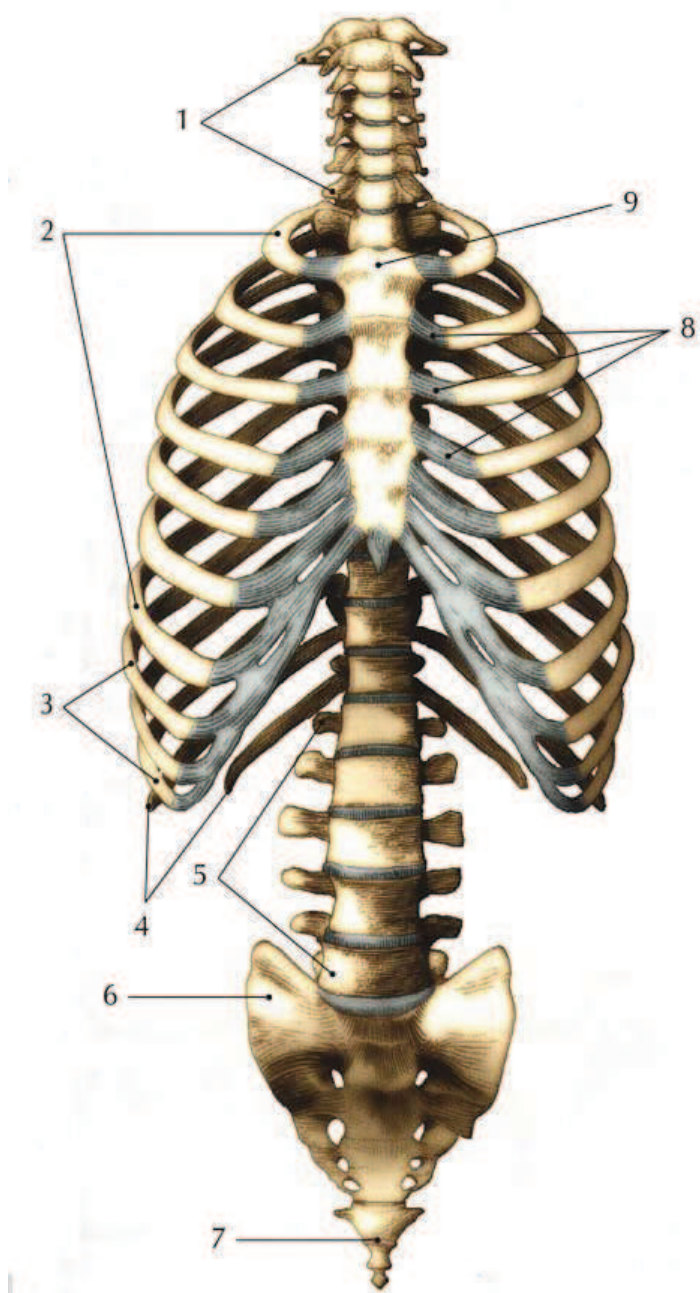
1.1 Páteř (columna vertebralis)

Páteř tvoří osu vzpřímeného těla. Z biomechanického hlediska je chápána jako elastický, článkovitý a zakřivený válec. Nejdůležitější funkcí páteře je pohyb, ochrana míchy a vzpřímené držení těla. Páteř je základem axiálního systému, který má nosnou, protektivní a hybnou funkci. Kromě páteře k axiálnímu systému řadíme spoje na páteři, svaly pohybující páteří, kostru hrudníku a jeho spoje, dýchací svaly a příslušnou část nervového systému.

Pohybový segment můžeme z hlediska funkce rozdělit na tři základní části. První částí jsou obratle a vazy, které mají nosnou a pasivně fixační funkci. Druhou částí s hydrodynamickou funkcí jsou meziobratlové destičky a cévní systém páteře. Do třetí skupiny řadíme klouby společně se svaly pro jejich kinetickou funkci [7].

Páteř je dlouhá (s vyhlazením oblouků) asi 70-75 cm, tj. tvoří až 40 % délky těla. Meziobratlové destičky se na této délce podílejí až 25 % [7]. (Všechny uvedené hodnoty platí pro střední věkové kategorie. Kolísání délek v závislosti na věku je značné.)

K páteři je připojen hrudní koš a žebra, pletenec horní končetiny a pánev. Vzhledem k tomu, že páteř je spojena se žebry, má význam i při dýchání (obrázek č. 1).



Obrázek 1: Kostra trupu [14].

1 – krční obratel
2 – žebra pravá
3 – žebra nepravá

4 – žebra volná
5 – bederní obratle
6 – křížová kost

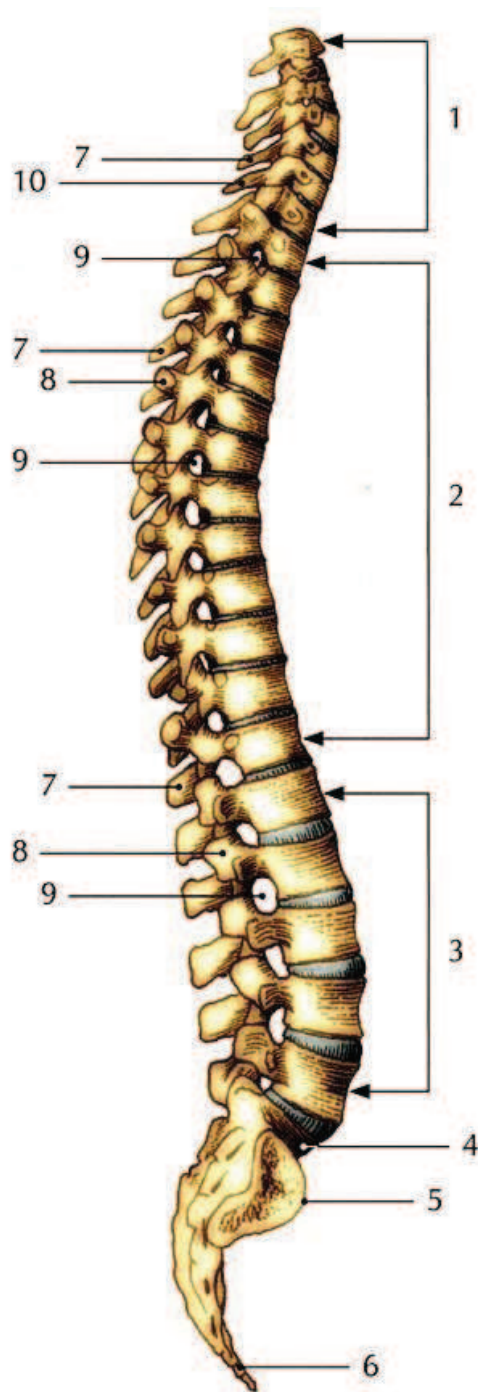
7 – kostrční kost
8 – chrupavky žeberní
9 – sternum

1.2 Segmenty páteře

Páteř je tvořena 33-34 obratli, přičemž rozeznáváme:

- 7 obratlů krčních $C_1 - C_7$ (vertebrae cervicales),
- 12 obratlů hrudních $Th_1 - Th_{12}$ (vertebrae thoracicae),
- 5 obratlů bederních $L_1 - L_5$ (vertebrae lumbales),
- 5 původně samostatných obratlů křížových $S_1 - S_5$, které tvoří srůstem kost křížovou (os sacrum),
- 4-5 obratlů kostrčních $Co_1 - Co_{4/5}$, srůstající v kost kostrční (os coccygis).

Mezi jednotlivými úseky jsou velké rozdíly zejména ve stavbě těla obratle (obrázek č. 2). Tyto rozdíly jsou závislé na odlišném mechanickém zatížení jednotlivých obratlů. Nejvíce zatěžované jsou bederní obratle a dolní hrudní obratle. Z čehož nejzatíženější je segment páteře L_5/S_1 [7].



Obrázek 2: Páteř [14].

1 – krční obratle
 2 – hrudní obratle
 3 – bederní obratle
 4 – promontorium
 5 – kost křížová

6 – kost kostrční
 7 – spinální výběžky obratlů
 8 – transverzální výběžky obratlů
 9 – foramina intervertebralia
 10 – vertebra prominens

1.3 Stavba obratle

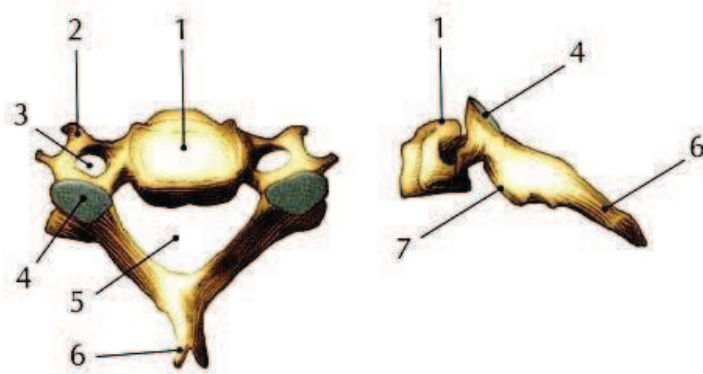
Žádné dva z obratlů nejsou stavbou a vzhledem úplně stejné. Na každém obratli však rozeznáváme tělo obratle (*corpus vertebrae*), oblouk obratlový (*arcus vertebrae*), trnový výběžek (*processus spinosus*) a postranní výběžky příčné (*processus transversi*) [13].

Tělo obratle je nejmohutnější, ventrálně obrácený hlavní nosný prvek obratle. Tělo obratle je soustava spongiózní a kompaktní kosti. 45-75 % vertikálního zatížení působícího na obratle je přenášeno na kompaktní část těla obratle. Zbývající zatížení nese spongiózní část [13].

Oblouk obratlový má především ochrannou funkci. Je dorzálně obrácen, připojují se k němu výběžek trnový a postranní výběžky příčné a je místem začátku páteřních vazů. Oblouk je opatřen výběžky kloubními, jednak pro předchozí obratel (*processus articularis superior*), jednak pro obratel následující (*processus articularis inferior*). Mezi odstupy sousedních oblouků obratlových jsou otvory meziobratlové (*foramina intervertebralia*). Meziobratlové otvory vedou do páteřního kanálu (*canalis vertebralis*). Těla obratlů jsou kraniálně i kaudálně ukončena ploškami zvanými *facies superior et inferior*. Otvor, který ohraničuje tělo obratle spolu s obloukem, se nazývá *foramen vertebrale* [12].

1.3.1 Krční obratle

Krčních obratlů je sedm. První dva jsou specificky uzpůsobeny jejich funkci, nazývají se atlas a axis. Obecně však platí, že mají nízká těla, ve směru předozadním kratší než ve směru příčném. Třetí obratel je z krčních obratlů nejmenší. Obrázek č. 3 znázorňuje stavbu krčního obratle.

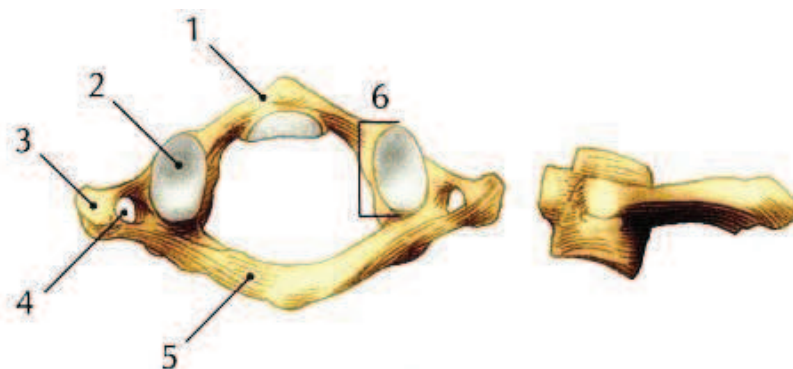


Obrázek 3: Krční obratel - pohled na horní a boční plochu obratle [14].

- | | |
|------------------------------------|------------------------------------|
| 1 – tělo obratle | 5 – široké foramen vertebrae |
| 2 – processus transversus | 6 – processus spinosus |
| 3 – foramen transversarium | 7 – processus articularis inferior |
| 4 – processus articularis superior | |

1.3.2 Atlas

Atlas neboli nosič je obratel mající tvar kostěného prstýnku (obrázek č. 4). Přes svůj název není rozhodujícím „nosičem“ poměrně těžké hlavy. Hlavní zátěž směřuje až na druhý krční obratel. První krční obratel nemá tělo a tvoří jej pouze dva poměrně subtilní kostěné oblouky – přední a zadní oblouk (arcus anterior et posterior). Boční partie obratle jsou masivní a na horní ploše nesou obvykle téměř ledvinovité kloubní plochy. Na vnitřní ploše předního oblouku atlasu je malá, oválná a plochá jamka, která slouží ke spojení atlasu se zubem C₂. Nosič je především transmisní obratel, na jehož horní kloubní plochy naléhají kondyly týlní kosti. Atlas je součástí jak atlantookcipitálního, tak atlantoaxiálního spojení [1].

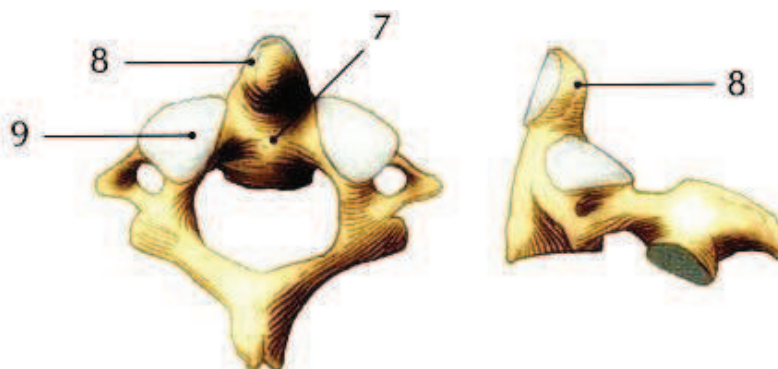


Obrázek 4: Atlas - pohled na horní a boční plochu [14].

- | | |
|------------------------------------|------------------------------|
| 1 – přední oblouk atlasu | 4 – foramen transversarium |
| 2 – ploška pro kondyly týlní kosti | 5 – zadní oblouk atlasu |
| 3 – processus transversus | 6 – massa lateralis atlantis |

1.3.3 Axis

Axis neboli čepovec je vzhledem shodný běžným krčním obratlům. Z obratlového těla vystupuje zub čepovce nazývaný také dens axis. Na tento zub je navlečen prstenec atlasu. Spinální výběžek čepovce je první běžně hmatný útvar na páteři. Axis je součástí atlantoaxiálního spojení, je skoro nejmasivnější krční obratel nesoucí rozhodující díl hmotnosti hlavy a vyobrazen je na obrázku č. 5 [1].

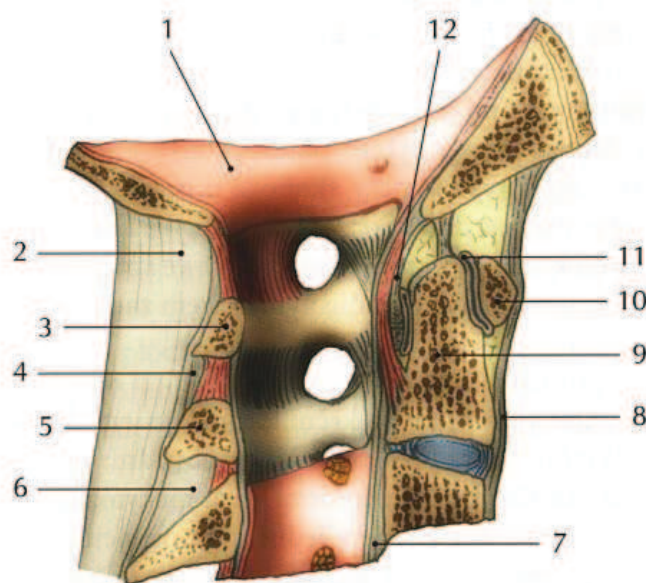


Obrázek 5: Axis - pohled na horní a boční plochu [14].

- | | | |
|---------------|---------------|------------------------------------|
| 7 – tělo axis | 8 – dens axis | 9 – ploška pro skloubení s atlasem |
|---------------|---------------|------------------------------------|

2 Komponenty páteře

Všechny jednotlivé komponenty páteře jsou navzájem spojeny. Tato pohyblivá a elastická soustava umožňuje pohyby do několika rovin. Fixačními komponenty páteře jsou vazy. Mezi hydrodynamické prvky řadíme meziobratlové destičky a cévy. Kinetickou a aktivně fixační komponentou pohybového segmentu páteře jsou meziobratlové klouby, kraniovertebrální spojení (obrázek č. 6) a svaly [7].



Obrázek 6: Kraniovertebrální spojení - baze lební a krční páteř [14].

- | | |
|------------------------------------|----------------------------------|
| 1 – os occipitale | 7 – lig. longitudinale posterior |
| 2 – lig. nuchae | 8 – lig. longitudinale anterior |
| 3 – zadní oblouk atlasu | 9 – dens axis |
| 4 – lig. supraspinale | 10 – ventrální oblouk atlasu |
| 5 – oblouk druhého krčního obratle | 11 – kloubní štěrbina AA spojení |
| 6 – lig. interspinale | 12 – lig. cruciforme atlantis |

2.1 Fixační komponenty páteře

Obratle na páteři navzájem fixují vazy a svaly. Vazivová spojení patří mezi pasivní části hybného segmentu a svaly mezi aktivní části.

Na páteři rozlišujeme dlouhé a krátké vazy. Mezi dlouhé vazy řadíme přední podélný vaz (lig. longitudinale anterior) a zadní podélný vaz (lig. longitudinale posterior). Přední podélný vaz začíná u předního oblouku atlasu, pokračuje po přední ploše obratlových těl a končí na přední ploše křížové kosti. Svazuje a zpevňuje prakticky celou páteř. Napíná se při záklonu a brání ventrálnímu vysunutí meziobratlových destiček. Zadní podélný vaz začíná od týlní kosti, jde po přední stěně páteřního kanálu a končí u křížové kosti. Jeho hlavní funkcí je zpevňování páteře. Při předklonu brání dorzálnímu vysunutí meziobratlových destiček do páteřního kanálu [7].

Mezi krátké vazy řadíme žluté vazy (ligamenta flava) a mezitrnové vazy (ligamenta interspinalia). Žluté vazy spojují oblouky sousedních obratlů a uzavírají páteřní kanál. Při předklonu umožňují svou pružností opětný návrat segmentu do vzpřímené polohy. Funkcí mezitrnových vazů je spojovat trnové výběžky obratlů a omezovat jejich rozevírání [7].

2.2 Hydrodynamické komponenty páteře

Ke komponentům, které zajišťují hydrodynamiku pohybového segmentu, řadíme meziobratlové destičky (disci intervertebralis) a cévní systém.

Meziobratlové destičky spojují sousedící plochy obratlových těl. Je jich o jednu méně než pohybových segmentů páteře, tj. 23. První destička není mezi atlasem a axisem, ale až mezi druhým a třetím krčním obratlem. Poslední je mezi L₅ a S₁. Destičky jsou chrupavčité útvary obalené tuhým kolagenním vazivem a velmi se podílí na celkové délce páteře. Mezi hydrodynamické komponenty páteře jsou řazeny pro svou hlavní funkci, kterou je tlumení zatížení páteře [7].

Zatížení páteře může být statické nebo dynamické. Při statickém zatížení se destička chová jako ploténka složená z pružných koncentrických prstenců, v jejichž středu je prakticky nestlačitelné jádro. Při tomto zatížení se prstence napínají a ploténka se rovnoměrně oplošťuje. Při dynamickém zatížení se obratle vždy naklánějí a chrupavka je zatěžována nerovnoměrně. Tím, že jádro je pevně uzavřeno ve vnitřním prstenci, je při pohybu obratlů jen nepatrně posunováno a celý soubor lamel je na jedné straně stlačován a na opačné straně namáhán v tahu. Jádro se přitom sune od stlačované strany ke straně natahované [13].

Dalším komponentem, který spadá do této kapitoly, je cévní systém páteře. Hydrodynamiku zajišťuje především žilní systém. Žilní pleteně sahají od baze lební až ke křížové kosti. Jsou tvořeny žilami bez chlopní, které rozsáhle anastomózuji¹ s žilami hlavy a pánve. V pleteních je tak nízký tlak krve, že v určité poloze pacienta jsou tyto žíly při operačním otevření páteřního kanálu prakticky prázdné, kolabované [1].

2.3 Kinetické komponenty páteře

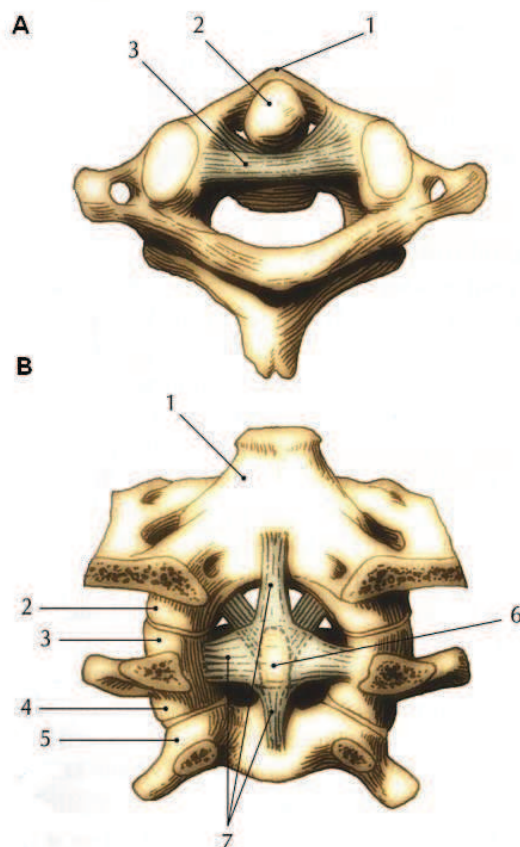
Správnou kinetiku páteře zajišťují meziobratlové klouby (artt. intervertebrales), kraniovertebrální spojení a svaly.

Meziobratlové klouby se nachází mezi kloubními výběžky krčních, hrudních a bederních obratlů. Jednotlivé kloubní plochy mají odlišný tvar i sklon. Pouzdra kloubů jsou velmi volná, především v úseku krčním a bederním. Pro pohybový segment mají význam hlavně při zajištění pohybu sousedících obratlů. Z hlediska nosnosti již tak významné nejsou [13].

Dále mezi kinetické komponenty páteře řadíme kraniovertebrální spojení (obrázek č. 7). Toto spojení je soubor tří kloubů a vazů, které spojují navzájem týlní kost, atlas a čepovec. Týlní kost s atlasem spojuje párový horní týlní kloub (art. atlantooccipitalis), atlas a čepovec jsou spojeny v dolním týlním kloubu (art. atlantoaxialis). Dolní týlní kloub má dvě části: spojení mezi zubem čepovce a předním obloukem atlasu a dva postranní klouby mezi kloubními plochami atlasu a čepovce [7].

¹ Anastomóza je přirozené anatomické spojení mezi dvěma cévami, popř. nervy [21].

Díky těmto kloubům je umožněno hlavě a páteři několik druhů pohybů. V atlantookcipitálním kloubu jsou to dva druhy pohybů. Prvním jsou kývavé pohyby v předozadním směru, druhým jsou nepatrné stranové posuny kloubních výběžků týlní kosti v jamkách atlasu. Díky atlantoaxiálnímu kloubu se realizují především rotační pohyby. Zub čepovce se v tomto případě uplatňuje jako skutečný čep, kolem kterého rotuje atlas a k němu relativně pevně připojená lebka [7].



Obrázek 7: Kraniovertebrální spojení a atlantoaxiální spojení [14].

A: pohled shora

1 – přední oblouk atlasu

2 – dens axis

3 – lig. transversum atlantis

B: pohled ze zadu na vnitřní plochu týlní kosti

1 – os occipitale

2 – kondyl týlní kosti

3 – ploška na atlasu

4 – dolní artikulační ploška atlasu

5 – horní artikulační ploška na axisu

6 – dens axis

7 – lig. cruciforme atlantis

Posledním, ale nejvýznamnějším komponentem zajišťující správnou kinetiku páteře jsou svaly. Především zádové, břišní a krční svaly se podílejí na pohybech páteře, při fixaci páteře se však často také uplatňuje bránice. Jaké konkrétní svaly se účastní na jednotlivých pohybech, bude blíže popsáno v následující kapitole.

3 Stabilita osového systému

3.1 Zakřivení páteře

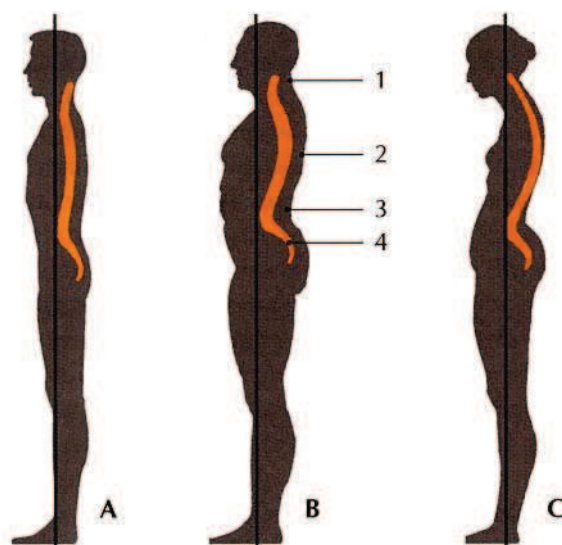
Páteř prochází během vývoje a růstu člověka velkými změnami. U dospělého člověka je páteř zakřivena v sagitální (předozadní) a frontální (pravolevé) rovině. V sagitální rovině mluvíme o střídání lordóz a kyfóz, lordóza je obloukovité vyklenutí vpřed a kyfóza vyklenutí vzad. Rozeznáváme krční lordózu s vrcholem C₄-C₅ a bederní lordózu s vrcholem L₃-L₄. Kyfózy rozlišujeme také dvě – hrudní a křížovou. Hrudní má vrchol u Th₆-Th₇, křížová je tvořena celou křížovou kostí, která nasedá na L₅ a pokračuje konvexním obloukem dozadu.

Zakřivení páteře má svou důležitou roli. Nejen, že zakřivení zvyšuje pružnost páteře, ale zvyšuje výrazně i pevnost. Jak již bylo na začátku této kapitoly zmíněno, páteř prochází během vývoje velkými změnami. Plod i novorozenec mají páteř kyfotickou a obě lordózy se objevují až během růstu jako kompenzační zakřivení. První se objevuje v době, kdy dítě zvedá hlavu a aktivně zapojuje šíjové svaly. Druhá lordóza se začne vyvíjet, když si dítě sedá, učí se stát a chodit [1].

Z normálního zakřivení páteře lze odvodit zakřivení vadná. Známými typy vadných zakřivení v sagitální rovině jsou záda plochá, prohnutá a kulatá, která jsou znázorněna na obrázku č. 8 [14].

Zakřivení ve frontální rovině se nazývá skolióza. Může být buď fyziologická, kdy je páteř i bez zatížení sice mírně vybočená, ale obratle nejsou rotovány. Až v 85% toto

vybočení směřuje u populace doprava a jen 15% doleva. Druhým případem je skolióza patologická, u které dochází při bočitosti páteře i k rotaci obratlů [1].



Obrázek 8: Zakřivení páteře [14].

A – záda plochá

B – záda prohnutá

C – záda kulatá

1 – krční lordóza

2 – hrudní kyfóza

3 – bederní lordóza

4 – pevná, nepohyblivá sakrální kyfóza

3.2 Pohyblivost páteře

Pohyblivost páteře je dána součtem pohybů mezi jednotlivými obratli. Pohyby se dějí jednak mezi těly obratlovými, stlačováním meziobratlových plotének, jednak v meziobratlových kloubech. Stupeň pohyblivosti určují především meziobratlové ploténky a potom to, jsou-li obratle volné, nebo jsou-li připojeny k jiným kostem (žebřím) [7].

Směr pohybů v jednotlivých oddílech páteře je určen orientací a úpravou kloubních plošek.

Na páteři se mohou dít čtyři druhy pohybů:

1. Ohnutí vpřed a vzad, neboli předklon (anteflexe) a záklon (retroflexe),
2. Ohnutí ke stranám, úklony (lateroflexe),
3. Otáčení, rotace (torse),
4. Malé pohyby pérovací, závislé na zakřivení páteře.

Podrobný popis jednotlivých pohybů bychom si přiblížili jen u krční páteře. Předklon krční páteře realizují dlouhý sval hlavy, dlouhý sval krku a kloněné svaly. Záklon krční páteře konají trapézový sval, vzpřimovače páteře a hluboké šíjové svaly. Úklon krční páteře provádějí jednostranně se smršťující svaly, které jinak zabezpečují předklon a záklon krční páteře. Jsou to dlouhý sval hlavy a krku, kloněné svaly, zdvihač hlavy, trapézový sval a všechny systémy hlubokých zádočných svalů [7].

4 Poranění páteře

Poranění páteře, je velmi časté a komplikované zranění. K poranění páteře může dojít z několika důvodů. Nejčastěji se setkáváme s vývojovými vadami, degenerativním onemocněním, nádory a úrazy.

Mezi vývojové vady páteře a osového skeletu můžeme zařadit poruchy vývoje tvaru obratlů a meziobratlových plotének, vrozenou skoliózu, hyperlordózu nebo hyperkyfózu.

Častá jsou i degenerativní onemocnění páteře, která jsou doprovázena poruchou výživy, biomechanickými a strukturálními změnami. Většinou postihují meziobratlové ploténky, protože výživa plotének je zajišťována pouze difúzí a často dochází k narušení transportu živin i odpadních produktů. Do této kategorie řadíme herniaci disku, cervikální spondylózu² a cervikální stenózu.

² Spondylóza je nezápalivé onemocnění meziobratlových plotének, které ztrácí svou pružnost [21].

Nádory v oblasti páteře dělíme do několika skupin podle hledisek. Jedná se buď o nádory maligní nebo benigní, primární nebo metastatické, nádory obratlového těla, oblouku, nebo výběžků obratle. Ve skupině benigních nádorů páteře se nejčastěji vyskytuje osteoid osteom, osteoblastom, hemangiom a aneurysmatická kostní cysta. Ve skupině maligních nádorů se nejčastěji setkáváme s osteosarkomem, chondrosarkomem, Ewingovým sarkomem, chordomem, lymfomem či myelomem. Léčba těchto nádorů je velmi problematická vzhledem k omezené možnosti radikality výkonu v důsledku jejich umístění v blízkosti míšních či nervových struktur. Také se poměrně často, především v případech myelomů a lymfomů, setkáváme s mnohočetným postižením páteře i dalšího skeletu. Obecně se však ve srovnání s primárním nádorovým postižením této oblasti v praxi výrazně častěji setkáváme s metastatickým postižením páteře [4].

Úrazy páteře vznikají buď pádem z výšky, při dopravních nehodách či skokem do vody. V poslední době začalo přibývat sportovních poranění, hlavně z létání na rogalech. Zaznamenány jsou i úrazy páteře při pádu těžkého břemene na hlavu.

Trauma páteře dělíme podle hledisek do několika skupin:

a) podle rozsahu poranění:

- s poškozením míchy – míšní šok, komoce míchy, kontuze míchy, komprese míchy, přerušování míchy,
- bez poškození míchy;

b) podle druhu poranění:

- poranění měkkých tkání,
- fraktury a dislokace;

c) podle lokalizace:

- poranění krční páteře,
- poranění hrudní páteře,
- poranění bederní páteře,
- poranění křížové a kostrční páteře.

4.1 Poranění krční páteře

Krční páteř dělíme na horní krční páteř a dolní krční páteř. První skupinu tvoří okciput³ (C₀), atlas (C₁) a axis (C₂). Úsek C₃ až C₇ nazýváme dolní krční páteř. Každý z těchto úseků má svoji vlastní problematiku, která je dána především rozdílnou anatomickou stavbou.

4.1.1 Horní krční páteř

Poranění úseku C₀-C₂ představuje asi 30% z počtu všech poranění krční páteře. Mezi nejfrekventovanější je potřeba zařadit:

a) zlomeniny kondylů týlní kosti

- rozlišujeme tři typy,
- prvním typem je zlomenina kondylů v rámci zlomenin baze lební,
- druhým je zlomenina kondylu vznikající při rotačním násilí,
- třetím je izolovaná kompresní zlomenina vznikající působením axiálního násilí;

b) atlantookcipitální dislokace

- může vznikat ve třech směrech – ventrálně, dorzálně a longitudinálně;

c) zlomeniny atlasu

- zlomeniny atlasu jsou poměrně časté, může dojít ke zlomenině předního oblouku, zadního oblouku, k odlomení processus transversus či ke zlomenině massa lateralis;

d) atlantoaxiální instabilita

- rozeznáváme tři typy instability – ventrální, dorzální a rotační;

³ Okciputem v této souvislosti nazýváme okcipitální (týlní) krajinu

e) zlomeniny epistrofeu

- jinak také zlomeniny dentu dělí Anderson a d'Alonzo [18] na tři typy,
- na zlomeninu apexu, zlomeninu střední části a zlomeninu báze,
- první typ lze léčit konzervativně Minervou nebo halo-korzetem⁴ přiloženým na dobu 8 týdnů,
- u třetího typu postupujeme obdobně, ale po dobu 12 týdnů,
- druhý typ je vzhledem k instabilitě a častému vzniku pakloubů indikován k operaci, metodou volby je sešroubování dentu z předního přístupu dle Magerla [22] nebo lze provést ze zadního přístupu dézu $C_{1/2}$ [18];

f) spondylolistéza⁵ C 2

- poprvé byla popsána u oběšenců, proto název katovská zlomenina, nyní k ní dochází při dopravních úrazech,
- v prvním případě vznikala zlomenina hyperextenzí a distrakcí s letálním neurologickým poraněním, v druhém případě je to hyperextenze s kompresí, kde neurologické příznaky jsou vzácné,
- při obou mechanismech se láme oblouk C_2 v interartikulární části (typ I) a podle typu poranění je dále poškozen disk $C2/3$ (typ II) a eventuálně dochází k luxaci kloubních výběžků mezi $C_{2/3}$ (typ III),
- typ I je stabilní a lze ho léčit tříměsíční fixací Minervou nebo halo-korzetem, typ II je instabilní, nutné je dosáhnout repozice a pak lze postupovat konzervativně jako u typu I
- pokud se nedosáhne repozice konzervativním způsobem, nebo je přítomna neurologická léze, indikuje se ventrální spondylodéza⁶ $C_{2/3}$
- u typu III je třeba nejprve provést z dorzálního přístupu repozici kloubů $C2/3$, pak je teprve možná ventrální spondylodéza $C_{2/3}$ [18].

⁴ Minerva a halo- korzet jsou zevní opory složené z komponenty fixované k hrudnímu koši [20]

⁵ Spondylolistéza je posun sklouznutí jednoho obratle dopředu vůči obratli níže umístěnému [21]

⁶ Spondylodéza je chirurgické zpevnění sousedních obratlů, které se provádí např. při spondylolistéze [21]

4.1.2. Dolní krční páteř

Dolní krční páteří rozumíme úsek páteře od C₃ po C₇. Nejčastěji bývá postižen segment C₅/C₆. Mechanismem je většinou komprese kombinovaná s flexí, extenzí, nebo rotací. Doposud neexistuje jednotná klasifikace, ale většinou dochází k poranění vazivových struktur, ke zlomeninám nebo ke kombinaci obou [18].

1) Zlomenina obratle:

- klínovitá zlomenina – je snížena pouze přední část těla, zadní část těla je intaktní,
- tříštivá zlomenina – dochází k porušení i zadní plochy těla a úlomky z ní pronikají do kanálu,
- zlomenina padající kapky – je odtržen spodní okraj přední části obratlového těla, zbytek těla je subluzován dorzálně,
- zlomenina kloubního pilíře - vzniká kompresí a hyperextenzí, odlamuje se celá část oblouku nesoucí oba kloubní výběžky a sklání se ventrálně,
- zlomenina kloubního výběžku - může postihovat jak horní, tak dolní kloubní výběžek, obvykle k ní dochází při jednostranných luxacích,
- zlomenina oblouku či trnového výběžku - jsou velmi vzácné.

2) Vazivová poranění:

- obsahují poranění disku, předního a zadního podélného vazy a dorzálního vazy.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

Ve spolupráci s Neurocentrem Krajské nemocnice Liberec bylo vybráno 11 mužů a 14 žen, kterým byla mezi roky 1995 a 2010 provedena fixace prvního a druhého krčního obratle. Cílem bylo určit a metrologicky ověřit, zda dochází ke změnám zakřivení krční páteře v sagitální rovině po operačním řešení úseku C₁-C₂. Na snímcích byla měřena velikost zakřivení (lordózy, kyfózy) ve stupních [°]. Konkrétně úhel C₁-C₂ a úhel C₃-C₆. K tomuto parametru byla také měřena translace mezi těly obratlů C₂ a C₆.

Tyto veličiny byly zaznamenány v předoperačním a pooperačním období. Statistické zpracování má za úkol ukázat, zda existuje vztah mezi velikostí předoperačního zakřivení krční páteře a pooperačního zakřivení. Zdali má pohybový systém páteře snahu navracet pooperační sagitální zakřivení páteře do normálního, tzv. fyziologického stavu.

Velikost kyfózy a lordózy krční páteře je jedním z nejdůležitějších ukazatelů stavu páteře člověka. Fyziologické zakřivení páteře v sagitální rovině zajišťuje u vzpřímené polohy těla přímý pohled očí vodorovně před člověka. Pokud dojde k patologickému zakřivení, člověk ve vzpřímené poloze se dívá buď v ostrém úhlu blíže k zemi a musí se zaklánět, nebo se neustále dívá směrem vzhůru a musí se předklánět. Špatné zakřivení a následná reakce organismu je často spojena s bolestí krku, zad i horních končetin.

Při operační fixaci prvního a druhého krčního obratle se operační tým snaží zachovat nebo navrátit fyziologické zakřivení páteře v sagitální rovině. Ne vždy je to však možné. Na konečném postavení se projeví několik faktorů. Jedním z nich je často velké množství úlomků prvního a druhého obratle u zlomenin, které se musí řešit fixací těchto obratlů. Není poté jednoduché zavést šrouby do obratlové masy a nedá se podle jednoho vzoru provést fixace vždy pod stejným úhlem. Zde také záleží na zvolené operační metodě a pomůckách. Dalším důvodem je originalita každého člověka, jeho páteře a zakřivení na páteři. Někteří lidé mají větší fyziologickou kyfózu, a proto musí být kompenzována větší lordózou a obráceně. V neposlední řadě je podstatné zdůraznit, že operace probíhá v poloze vleže a ne ve vzpřímené nebo sedící poloze.

S rozvojem neurochirurgie páteře, operačních technik a zvýšeného počtu poranění a degenerativních změn páteře řešených fixací určitého segmentu krční páteře, se objevuje větší množství studií, které se věnují těmto metodám. Například Yoshimoto a kolektiv [5] uvádějí ve své studii, že až u 42 % pacientů, kteří podstoupili fixaci prvního a druhého krčního obratle, se objevila změna zakřivení v sagitální rovině v segmentu krční páteře kaudálně pod axisem. U těchto pacientů se zvětšila krční kyfóza.

Nejprve je však nutné uvést jakým způsobem byla krční páteř zobrazena a zaznamenána. Jakými metodami byly parametry měřeny a jakým způsobem byly provedeny operace.

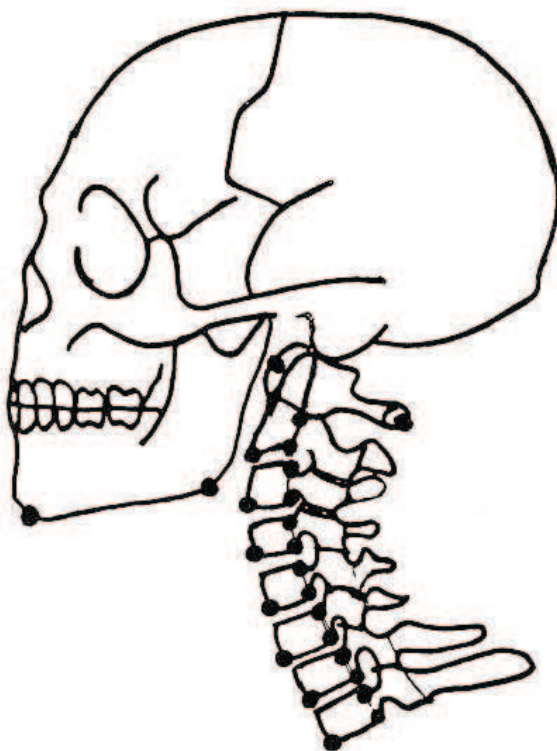
5. Metody pro měření parametrů páteře

5.1 Metodika měření úhlů mezi obratli

Na začátku jakéhokoliv měření je nutné si stanovit přesné body, kterými budou jednotlivé obratle na krční páteři určeny. Pro měření v sagitální rovině je nejpřesnější použít tyto body:

- a) dolní anteriorní vrchol obratlového těla,
- b) dolní posteriorní vrchol obratlového těla,
- c) horní posteriorní vrchol obratlového těla,
- d) u obratle C_1 – bod obratlového oblouku nejvíce anteriorně postaveného,
- e) u obratle C_1 - bod obratlového oblouku nejvíce posteriorně postaveného.

Body pro měření v sagitální rovině jsou vyznačeny na obrázku č. 9.



Obrázek 9: Digitalizace bodů krční páteře [2].

5.1.1 Měření úhlů mezi obratli

Z anatomie páteře a některých patologických jevů na páteři vyplývají důležité parametry páteře, které se používají v diagnostice a studiích.

Těmito parametry jsou:

- A) translace obratlů,
- B) úhel mezi jednotlivými sousedními obratli,
- C) úhel mezi obratli, které nepatří do stejného segmentu páteře,
- D) rotace obratlů.

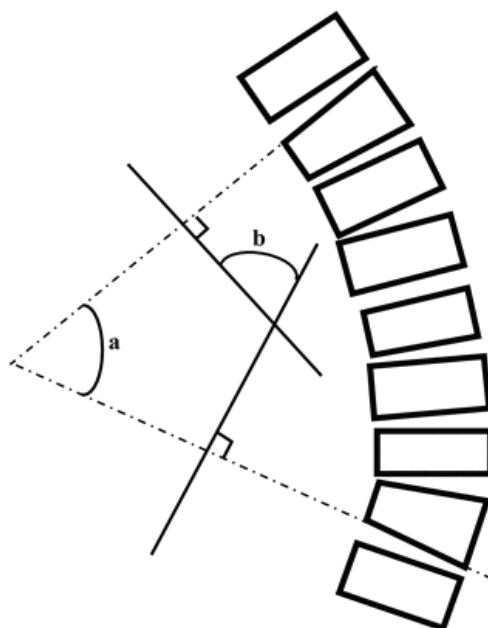
Některé z těchto parametrů prezentují fyziologická nebo patologická postavení v sagitální rovině, některá ve frontální a některá v anteroposteriorní. Z tohoto důvodu

také existuje několik morfometrických metod pro měření na krční páteři. My se budeme zabývat pouze metodikou měření veličin v sagitální rovině. Známymi metodami pro měření parametrů je například Cobbova metoda a metoda Harrison posterior tangent.

5.1.2 Cobbova metoda

Tato dnes velmi používaná metoda byla prvně popsána roku 1948, hojně používána začala být v sedmdesátých letech dvacátého století. Její využití je jak v rovině předozadní, tak v rovině pravolevé. V rovině předozadní se používá k určení velikosti lordózy a kyfózy a v rovině pravolevé k určení velikosti skoliózy. V obou rovinách se dá využít k měření rotace obratlů. Cobbův úhel je definován jako doplňkový úhel mezi kolmicemi vznesenými z odlehklých krycích ploch koncových obratlů křivky. Koncové obratle jsou obratle na horním a dolním okraji dané křivky [2].

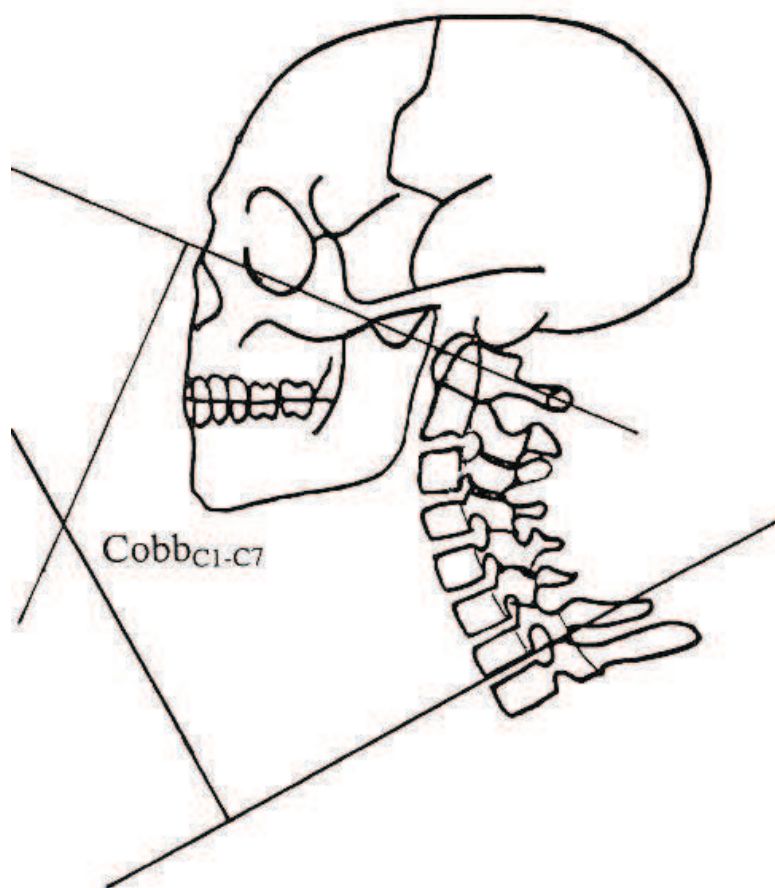
Pro názornost jsou na obrázku č. 10 vyznačeny dvě možnosti získání Cobbova úhlu.



Obrázek 10: Cobbův úhel: a) ze dvou přímek, b) ze čtyř přímek [16].

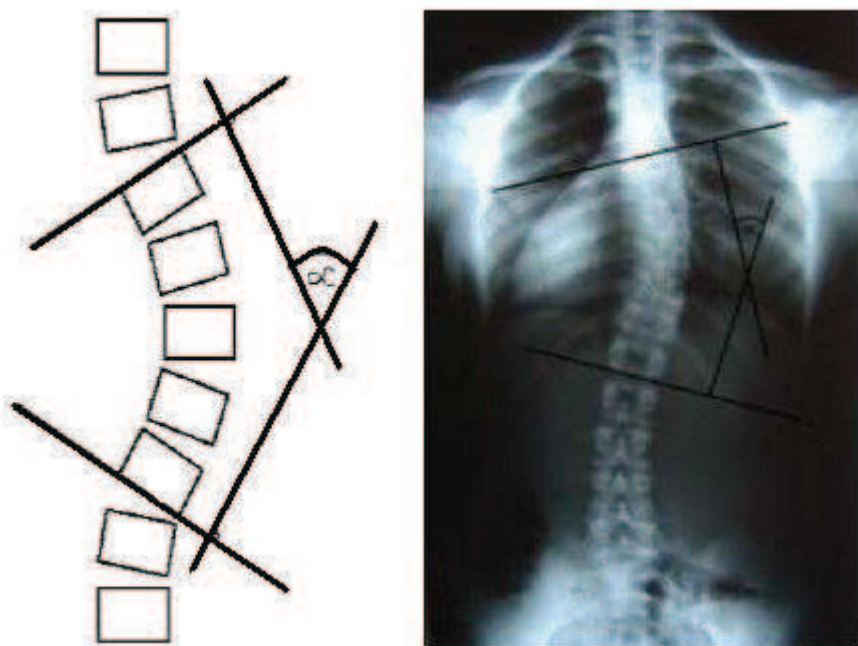
Konstrukce Cobbova úhlu C_1 - C_7 v praxi je vyznačena na obrázku č. 11. Na snímku proložíme přímkou horní krycí plochou obratle C_1 a dolní krycí plochou obratle C_7 .

Kolmice vztyčené k těmto přímkám se protínají v určitém úhlu, jehož doplňkový úhel je právě Cobbův úhel.



Obrázek 11: Konstrukce Cobbova úhlu mezi obratli C1-C7 v praxi [14].

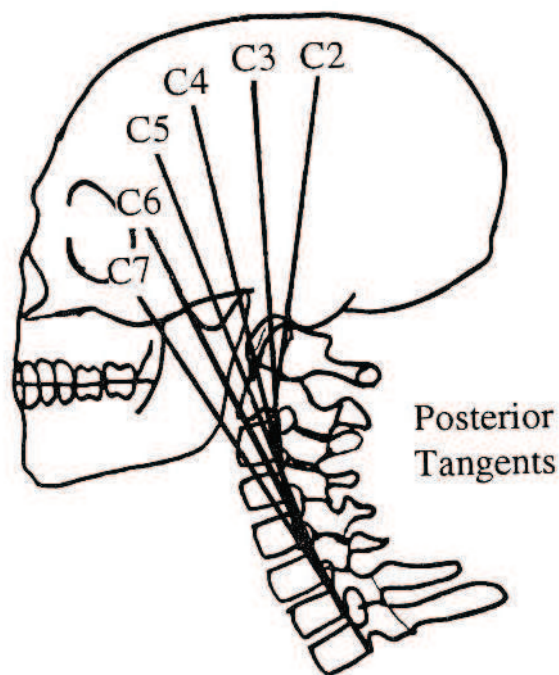
Na obrázku č. 12 je znázorněn Cobbův úhel pomocí dvou přímek v pravolevé rovině, který nám určuje míru skoliózy. V ortopedii je Cobbova metoda pro určení velikosti skoliózy jedním z nejvýznamnějších ukazatelů. Většinou se rozděluje ještě na několik podskupin podle velikosti Cobbova úhlu.



Obrázek 12: Cobbův úhel se dvěma přímkami – frontální rovina [15].

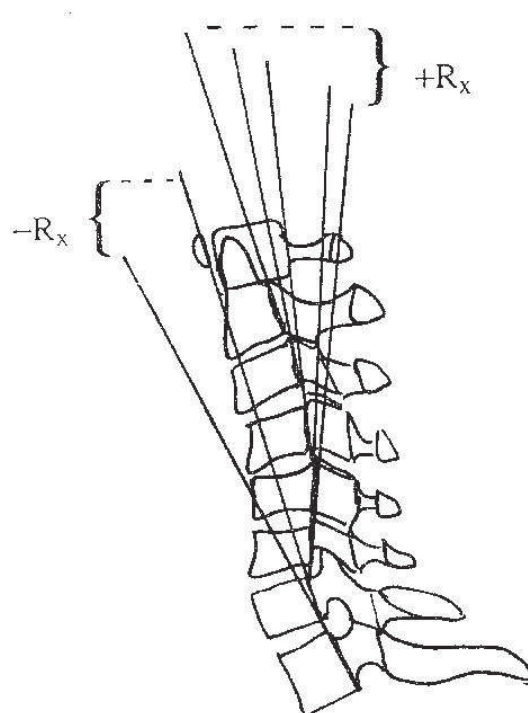
5.1.3. Metoda Harrison posterior tangent

Jak již název této metody napovídá, metoda byla objevena Donaldem Harrisonem v roce 1986 [2] a měřen bude úhel na zadní (posteriorní) straně těl obratlů. Principem je sestavit přímku, která je dána dvěma body. Prvním bodem je digitalizovaný bod posteriorní inferiorní vrchol obratlového těla. Druhým bodem je posteriorní superiorní vrchol obratlového těla daného obratle. Tuto přímku sestojíme u každého obratle patřícího do segmentu, v kterém chceme Harrisonovu metodu použít. Pro názornost je nakreslena metoda Harrison posterior tangent pro obratle C_2 až C_7 na obrázku č. 13.



Obrázek 13: Metoda Harrison posterior tangent [2].

Metoda se využívá pro měření parametrů krční a bederní páteře. Neměří se však přesná hodnota lordózy a kyfózy, touto metodou se pouze určuje, které obratle jsou ve vzpřímené poloze člověka v lordotickém a kyfotickém postavení. Pokud je daný obratel v lordotickém postavení, je značena jeho přímka záporně (-Rx), pokud je v kyfotickém postavení, je obratel označen kladně (+Rx). Pro porozumění je na obrázku č. 14 vyznačena část páteře, kde obratle C₂, C₃, C₄, C₅ a C₆ jsou v kyfotickém zakřivení a obratle C₇ a Th₁ jsou v lordotickém zakřivení.



Obrázek 14: Metoda Harrison posterior tangent- praxe [2].

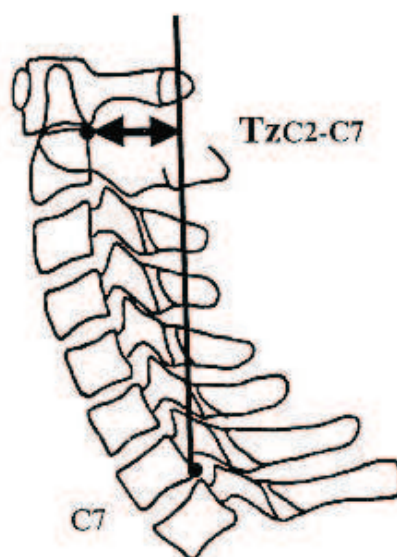
Velikost lordózy a kyfózy je pro určení charakteru páteře velmi důležitá. Touto metodou však můžeme pouze zjistit, které obratle jsou zakřiveny konvexně, a které konkávně. Tento ukazatel je důležitý, pokud potřebujeme zjistit, kde páteř přechází z lordotického do kyfotického zakřivení a naopak. Pokud se vrátíme k obrázku č. 14, předpokládali bychom, že všechny krční obratle budou v lordotickém postavení a první krční obratel v kyfotickém postavení. V tomto případě jsou ale obratle C₂-C₆ v kyfotickém zakřivení a mění se do lordotického mezi C₆ a C₇.

Vzhledem k tomu, že se metodou Harrison posterior tangent nedá zjistit číselná velikost sagitálního zakřivení krční páteře, nebyla pro studii použita.

5.2 Translace obratlů

Doplňujícím parametrem pro měření zakřivení páteře je také horizontální translace mezi dvěma obratli. Jedná se o vzdálenost mezi vertikální přímkou procházející dolním posteriorním vrcholem těla jednoho obratle a horním posteriorním vrcholem těla obratle

druhého. Na obrázku č. 15 je tato translace vyznačena mezi obratli C_7 a C_2 . Z dolního posteriorního vrcholu těla obratle C_7 je vztyčena vertikálně přímka. Velikost translace se určí v milimetrech a jedná se o vzdálenost horního posteriorního vrcholu těla obratle C_2 a vertikální přímky. Hodnota může být buď kladná, nebo záporná. Kladnou hodnotu zaznamenáme, pokud je obratel C_2 ventrálně přesunut před obratlem C_7 . Zápornou hodnotu zaznamenáme v opačném případě [6].



Obrázek 15: Translace obratlů C2-C7 [6].

6. Zobrazení a měření obratlů krční páteře

6.1 Zobrazovací systémy

Zvolení určité metody je také velmi závislé na zvoleném zobrazovacím systému. V lékařství se pro zobrazování segmentů páteře používají:

a) Rentgenový (RTG) snímek krční páteře.

Rentgenové záření je elektromagnetické záření, jehož vlnové délky leží v rozmezí 10^{-15} až 10^{-8} metru. Vzniká při přeměně energie rychle se pohybujících elektronů, které dopadají na povrch kovové elektrody. Toto záření proniká i neprůhlednými předměty, proto se v lékařství hojně používá k zobrazení detailů kostí a zubů.

Pro vyobrazení krční páteře se většinou používá anterioposteriorní a boční projekce. Své uplatnění mají však i snímky pořízené skrz ústa, tzv. transorální projekce.

b) Spinální CT vyšetření kraniocervikálního přechodu a celé krční páteře.

CT je zkratka pro anglické sousloví computer tomography. Výpočetní tomografie je zobrazovací metoda, která kombinuje klasické rentgenové vyšetření s počítačovým systémem. Snímek se tedy neexponuje na rentgenový film, ale je matematicky zpracován. Tato metoda se v posledních letech velmi rozvíjí. Je totiž přesná, má možnost 3D rekonstrukcí a zobrazení velkého počtu řezů v malém časovém okamžiku.

c) Dynamický snímek v předklonu a záklonu magnetickou rezonancí (MR).

Magnetická rezonance je další ze zobrazovacích metod, která se však více využívá pro zobrazení měkkých tkání než pevných. Princip vyšetření magnetickou rezonancí spočívá v zobrazení tkání měřením změn magnetických momentů atomových jader při umístění pacienta do silného magnetického pole. Atomová jádra jdou pro tuto metodu získávána z vodíku a vodík z vody, které je v lidském organismu velké procento. Magnetická rezonance je v problematice poranění krční páteře využívána zejména pro zobrazení poranění vazů a meziobratlových plotének.

Parametry páteře, které byly zobrazeny pomocí RTG snímků, je nutné většinou měřit manuálně. K měření na CT nebo MR snímcích je možné použít některý z počítačových sofistikovaných zobrazovacích programů.

6.1.1 Program JiveX

Pro mou studii byly některé snímky měřeny manuálně na RTG snímcích, některé byly měřeny digitálně v programu JiveX.

Tento program využívá Krajská nemocnice Liberec. Jedná se o program německé společnosti VISUS Technology Transfer, který v dnešní době využívá velké množství malých poliklinických pracovišť i velké nemocnice. Jádrem systému tvoří komunikační server a další funkcionality jsou do systému přidávány pomocí jednotlivých modulů. Firma VISUS byla založena v roce 2000 a zabývá se tvorbou programů v oblasti DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine). Výsledkem jejího snažení byl program JiveX, který propojuje požadavky skoro všech odvětví medicíny. Program je centralizovaným systémem, kde se dají data ukládat, upravovat nebo zasílat on-line jednotlivými lékaři. Různé standardizované funkce pro zpracování obrazu zajišťují flexibilní manipulaci (např. zpracování v různých stupních šedi, změna velikosti, přiblížení, zobrazení dvou obrázků v sérii k porovnání módů apod.).

V příloze číslo I. je znázorněno pracovní okno programu JiveX, jeho základní funkce a oblasti uplatnění [17].

6.1.2 Manuální měření

Digitální měření pomocí počítačových programů se v lékařství v posledních letech velmi rozvíjí. V Krajské nemocnici Liberec využívají program JiveX od roku 2005. Z tohoto důvodu byly parametry na snímcích pořízených v dřívějším období měřeny manuálně. Pro tuto studii byly použity RTG snímky krční páteře.

6.2 Fixace krčních obratlů

6.2.1 Diagnózy indikované k fixaci prvního a druhého obratle

Pro studii byli vybráni pacienti, kteří z nějakého důvodu podstoupili fixaci prvního a druhého obratle. U těchto pacientů došlo k poranění horní krční páteře, která byla popsána výše (např. zlomenina atlasu, atlantoaxiální instabilita, zlomenina epystrofeu,

revmatoidní artrodéza⁷, nebo traumatická spondylolistéza C₂). Tato poranění jsou řešena buď operativně, nebo neoperativně. V případě vlasových fraktur s minimální dislokací jsou tato poranění řešena konzervativně semirigidním Philadelphia límecem (obrázek č. 16). Pokud je poranění vážnější a pacientův zdravotní stav to umožňuje, jsou tyto diagnózy indikovány k operaci [6].



Obrázek 16: Philadelphia límec [19].

6.2.2 Operační přístupy u fixace krčních obratlů

K fixaci prvního a druhého krčního obratle je volen přední, nebo zadní operační přístup. V případě předního přístupu, jsou většinou použity kostní štěpy, a fixace je provedena dlahou a bikortikálně zavedenými šrouby⁸. Zadní fixaci se provádí osteosyntéza v modifikaci s CT cílením šroubů. Zvolení metody, přístupu i druhu šroubů závisí na druhu poranění, místě a rozsahu poškození. Nelze tedy jednoznačně uvést, jaký princip bude u jakého poranění zvolen, a který bude nejlepší.

⁷ Artrodéza je chirurgické znehybnění kloubu. Odstraněním kloubních chrupavek dojde ke srůstu kostí.

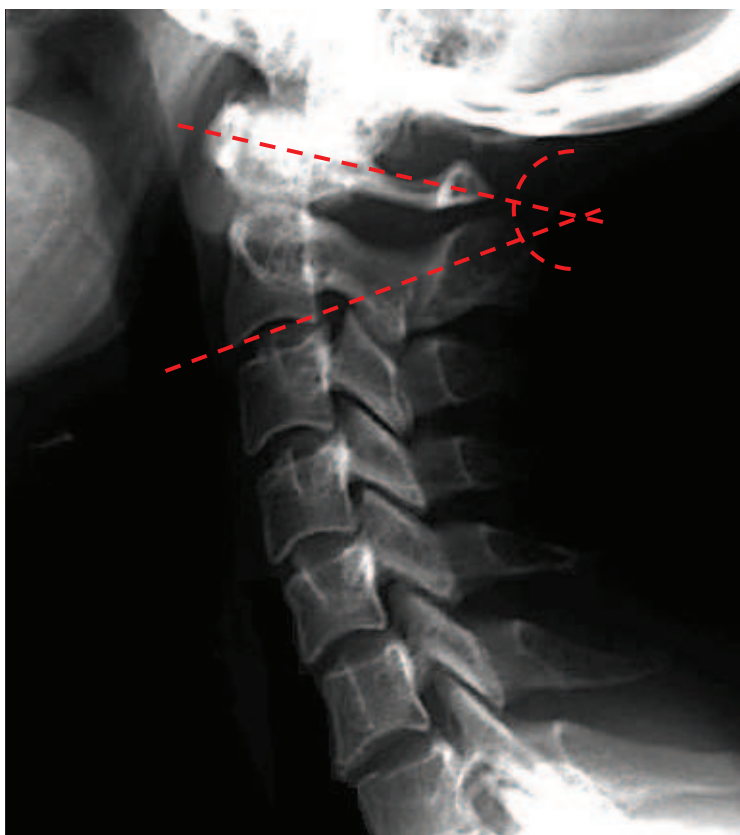
⁸ Bikortikální šrouby – jsou šrouby umístěné mezi dvě vrstvy kortikální části kosti. Díky tomu využívají tyto šrouby celou výšku kosti

6. 3 Měřené parametry

Stejné parametry byly měřeny v předoperačním a pooperačním období. Na následujících obrázcích č. 17 až č. 19 je vyznačen způsob získání velikosti Cobbova úhlu a translace obratlů na předoperačních snímcích. Na obrázcích č. 20 až č. 22 jsou tyto parametry vyznačeny na pooperačních snímcích.

Předoperační snímky: a) Cobbův úhel mezi obratli C_1 - C_2 : obrázek 17,
b) Cobbův úhel mezi obratli C_3 - C_6 : obrázek 18,
c) translace obratlů C_2 - C_6 : obrázek 19.

Pooperační snímky: a) Cobbův úhel mezi obratli C_1 - C_2 : obrázek 20,
b) Cobbův úhel mezi obratli C_3 - C_6 : obrázek 21,
c) translace obratlů C_2 - C_6 : obrázek 22.



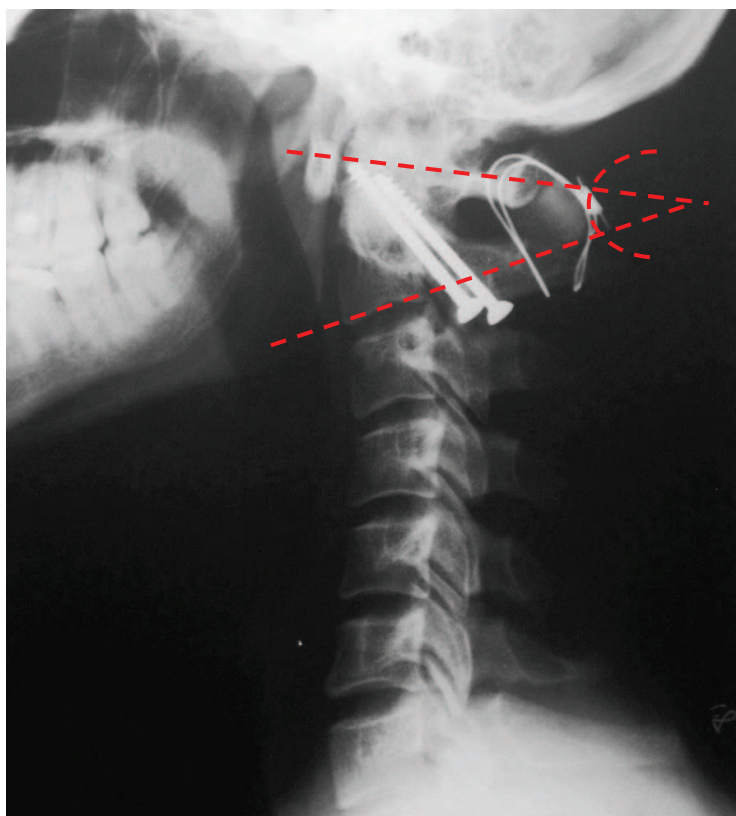
Obrázek 17: Cobbův úhel mezi obratli C_1 - C_2 – předoperační snímek.



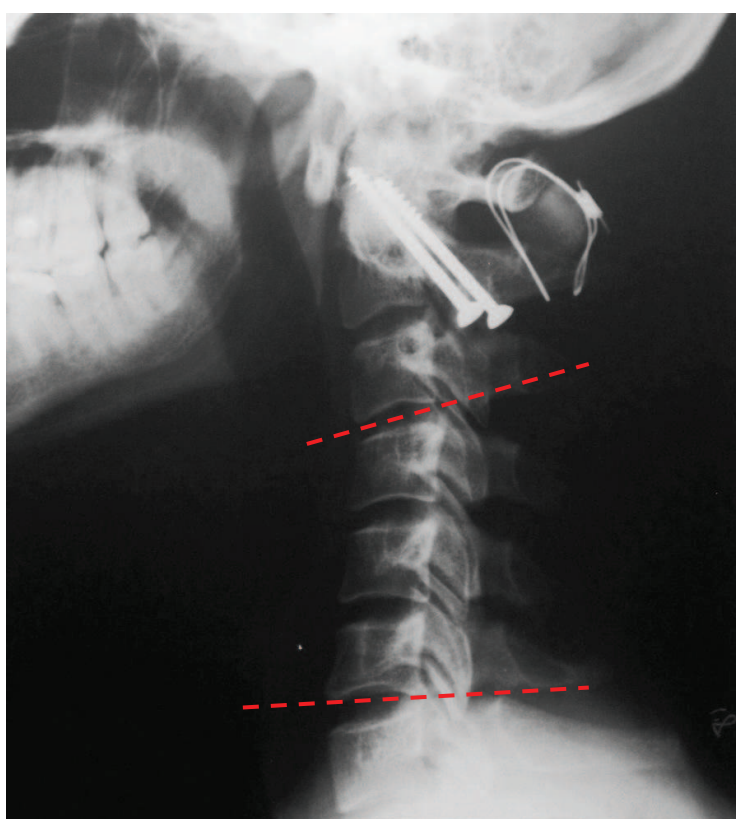
Obrázek 18: Cobbův úhel mezi obratli C3-C6 – předoperační snímek.



Obrázek 19: Translace obratlů C2-C6 – předoperační snímek.



Obrázek 20: Cobbův úhel mezi obratli C1-C2 – pooperační snímek.



Obrázek 21: Cobbův úhel mezi obratli C3-C6 – pooperační snímek.



Obrázek 22: Translace obratlů C2-C6 – pooperační snímek.

V předchozích dvou kapitolách bylo představeno, jakým způsobem krční páteř zobrazit, jak změřit její parametry, které metody se k měření dají použít a jak zakreslit ty metody, které byly přímo použity. Nyní zbývá již pouze zveřejnit výsledky.

7. Výsledky měření

Tabulka č. 1 shrnuje náhodně přiřazené číslo pacienta, jeho pohlaví, rok operace a hodnoty, které byly naměřeny na RTG nebo CT snímcích jeho krční páteře v předoperačním a pooperačním období. Vždy je uvedena hodnota úhlu mezi obratli C₁ a C₂, C₃ a C₆ a translace obratlů C₂ a C₆. V prvních dvou případech je hodnota uvedena ve stupních s tím, že velikost lordózy je značena záporným znaménkem a velikost kyfózy kladným. Velikost translace obratlů je zaznamenána v milimetrech. Pokud je měřený bod na obratli C₂ předsunut před měřeným bodem obratle C₇ (kladná hodnota), nebo je ve směru svislé osy obratel C₂ až za obratlem C₇.

Tabulka č. 1: Výsledky měření.

Číslo	Pohlaví	Rok operace	Předoperační snímek			Pooperační snímek		
			úhel C1-C2 [°]	úhel C3-C6 [°]	T C2-C6 [mm]	úhel C1-C2 [°]	úhel C3-C6 [°]	T C2-C6 [mm]
1	M	1995	-16	-4	9	-24	10	0,5
2	M	1998	-35	-7	29	-38	5	16,5
3	M	1999	-32	-1	23	-42	6	4
4	M	2001	-24	-10	5	-33	-7,5	25
5	M	2001	-17	-38	17	-27	-22	22
6	M	2002	-22	-11	14	-22	-26	-6
7	M	2003	-17	-22	13	-29	-11	8,5
8	M	2010	-25	-14	20	-19	-11,26	14,5
9	M	2010	-33	2	32	-31	-0,8	14
10	M	2010	-24	-6	28	-30	-8,33	26,3
11	M	2010	-19	6,1	22	-29	5,52	13,5
12	Ž	1999	-22	-17	8	-26	-9,5	22,5
13	Ž	2000	-37	7	16	-49	13,64	25,5
14	Ž	2001	-10	-17	-6	-36	-3	-4
15	Ž	2001	-26	-9	12	-35	-4,5	26,7
16	Ž	2002	-10	-12	20	-29	-4,5	1
17	Ž	2002	-13	4	-15	-22	7,5	4
18	Ž	2009	-15	-13	8	-28	-6,92	6,1
19	Ž	2010	-18	-4	1	-16	-0,67	-0,4
20	Ž	2010	-8	-24	11	-28	-5,52	11,2
21	Ž	2010	-20	-7	31	-22	-4,49	18,5
22	Ž	2010	-17	2,8	10	-26	-7,8	12
23	Ž	2010	-23	-10	26	-29	5,42	25,2
24	Ž	2010	-28	-3	12	-34	-28,16	-3,7
25	Ž	2010	-26	2,4	17	-25	-3,33	13,3

7.1 Statistické zhodnocení výsledků

7.1.1 Obecná statistika

Studie byla provedena z dat 25 pacientů (graf č. 1 v příloze II.), z čehož bylo 11 mužů (46%) a 14 žen (54%). Operace byly provedeny v letech 1995 až 2010. Rozdělení počtu operací v daném roce přehledně ukazuje graf č. 2 v příloze II. Průměrný věk pacientů byl 55 let (v rozmezí 20 až 86 let). Průměry a směrodatné odchylky jednotlivých parametrů měřených vždy u 25 pacientů jsou shrnuty v tabulce č. 2.

Tabulka č. 2: Průměr, směrodatná odchylka

	Předoperační snímek			Pooperační snímek		
	úhel C1-C2 [°]	úhel C3-C6 [°]	T C2-C6 [mm]	úhel C1-C2 [°]	úhel C3-C6 [°]	T C2-C6 [mm]
Průměr	-21,4	-8,09	14,5	-29,1	-4,49	11,9
Směrodatná odchylka	7,7	10,5	11,2	7,21	10,4	10,5

7.1.2 Testování hypotéz

Pro testování hypotéz byl použit program ExcelMakro [23]. K ověření, zda jde o data z normálního rozdělení, jsme použili jednovýběrový test normality dat. Pro ověření, zda existuje vztah mezi veličinami, jsme použili dvouvýběrový párový t- test.

1. Na základě p-hodnoty testu normality nezamítáme nulovou hypotézu a data považujeme za data, která byla vybrána z populace s gaussovským rozdělením. (všechny p- hodnoty > 0,05).

2. Párový test: H_0 : Velikost pooperační lordózy mezi obratli C_1 - C_2 není větší než velikost předoperační lordózy mezi obratli C_1 - C_2 .

Odpověď je určena p -hodnotou 0,000 008 74 alternativní hypotézy. Na jejím základě lze prohlásit, že velikost pooperační lordózy mezi obratli C_1 - C_2 na hladině významnosti $\alpha=0,05$ je větší než velikost předoperační lordózy mezi obratli C_1 - C_2 .

3. Párový test: H_0 : Velikost pooperační lordózy mezi obratli C_3 - C_6 není menší než velikost předoperační lordózy mezi obratli C_3 - C_6 .

Odpověď je určena p -hodnotou 0,045 6 alternativní hypotézy. Na jejím základě lze prohlásit, že velikost pooperační lordózy mezi obratli C_3 - C_6 na hladině významnosti $\alpha=0,05$ je menší než velikost předoperační lordózy.

4. Párový test: H_0 : Velikost pooperační translace obratlů C_2 - C_6 není menší než velikost předoperační translace obratlů C_2 - C_6 .

Odpověď je určena p -hodnotou 0,138 alternativní hypotézy. Na jejím základě lze prohlásit, že velikost pooperační lordózy mezi obratli C_2 - C_6 na hladině významnosti $\alpha=0,05$ není menší než velikost předoperační lordózy.

7.2 Zhodnocení hypotéz

Cílem studie bylo změřit a statisticky určit, zda existuje vztah mezi předoperačním a pooperačním sagitálním zakřivením páteře. Konkrétně, zda se po operaci mění lordóza horní krční páteře, lordóza dolní krční páteře a translace krční páteře (graf č. 3-5 v příloze II.).

Z výsledků vyplývá: pokud je větší lordóza obratlů C_1 - C_2 po operaci než před operací, tělo má snahu toto zakřivení vyrovnat tím, že se zmenší velikost lordózy mezi obratli C_3 - C_6 a zmenší translace obratlů C_2 - C_6 . Zmenšení velikosti translace je patrné pouze z výsledků měření (předoperační translace obratlů C_2 - $C_6 = 14,5 \pm 11,2$ mm, pooperační translace obratlů C_2 - $C_6 = 11,9 \pm 10,5$ mm). Tato změna však není statisticky významná. Na grafu č. 3 v příloze II. je znázorněna závislost velikosti zakřivení mezi obratli C_1 - C_2 v předoperačním a pooperačním období. Na ose y je zakreslen přírůstek nebo úbytek velikosti zakřivení po operaci.

Tato studie velmi dobře poukazuje na obranný mechanismus lidského skeletu. Fixací obratlů C_1 - C_2 dochází někdy ke zvětšení krční lordózy a tím pádem k neustálému mírnému záklonu člověka. Aby bylo zachováno postavení očí rovnoběžné s horizontální rovinou, dojde ke zmenšení velikosti lordózy mezi obratli C_3 - C_6 a tím ke kompenzaci hyperlordózy a záklonu.

Závěr

V bakalářské práci je propojeno několik vědních disciplín – anatomie, matematika a výpočetní technika. Zabývá se anatomií pohybového systému člověka, zobrazovacími systémy, novými operačními technikami, a operačními pomůckami, počítačovými programy, konstruktivní geometrií, matematikou a statistikou.

Hlavním úkolem práce bylo ověření hypotézy, zda má lidský organismus snahu navracet pooperační zakřivení páteře do fyziologického stavu. Pro splnění výše uvedeného úkolu byla provedena studie obsahující údaje o 25 pacientech, kteří byli indikováni k fixaci prvního a druhého krčního obratle. Z výsledků je patrné, že pokud se zvětší během fixace C_1 - C_2 úhel mezi těmito obratli (jinak také velikost lordózy), v pooperačním období se zmenší velikost lordózy mezi obratli C_3 a C_6 . Tím dojde ke snaze kompenzovat stav a zachovat pouze takovou velikost celkové lordózy krční páteře, aby nedocházelo k neustálému předklonu nebo záklonu.

V budoucnu by bylo velmi zajímavé vytvořit k této studii další, která by doplňovala stávající o podrobnější údaje. Například by bylo možné rozdělit pacienty do skupin podle velikosti pooperační krční lordózy a hodnotit stav pacienta podle škály bolestivosti, stupně omezení rotace hlavy, stupně omezení kývavých pohybů hlavou atd. Výsledkem by mohla být ideální velikost lordózy po fixaci prvního a druhého obratle.

Soupis bibliografických citací

[1] DYLEVSKÝ, Ivan. Funkční anatomie. 1. vyd. Praha: Triton, 2009, s. 235. ISBN 978-80-7387-324-0.

[2] HARRISON, Deed E., et al. Cobb Method or Harrison Posterior Tangent Method: Which to Choose for Lateral Cervical Radiographic Analysis. Spine, 2000, vol. 25, iss. 16, p. 2072-2078.

[3] MUKAI, Yoshihiro, et al. Sagittal Alignment of the Subaxial Cervical Spine after C1-C2 Transarticular Screw Fixation in Rheumatoid Arthritis. Journal of Spinal Disorders & Techniques, 2007, vol. 20, p. 436-441.

[4] REPKO, Martin. Nádory v oblasti páteře. Zdravotnické noviny, 2009, roč. 9, č. 1, s. 24-25.

[5] YOSHIMOTO, H; ITOH, M; ABUMI, K. A Retrospective Radiographic Analysis of Subaxial Sagittal Alignment after Posterior C1-C2 Fusion. Spine, 2004, vol. 29, p. 175-181.

[6] SUCHOMEL, P; HRADIL, J; BARSA, P. a kol. Chirurgické řešení fraktury oblouku epistrofeu - "katovské zlomeniny". Acta chirurgiae orthopaedicae et traumatologiae Čechoslovaca, 2006, roč. 73, s. 321-328.

[7] DYLEVSKÝ, Ivan. Somatologie: učebnice pro zdravotnické školy a bakalářské studium. 2. vyd. Olomouc: Epava, 2000, s. 480. ISBN 80-86297-05-5.

[8] GIUSEPPE, G; STOPPINO, L.P; PLACENTINO, M.G. et al. Reproducibility of a semi-automatic method for 6-point vertebral morphometry in a multi-centre trial. European Journal of Radiology, 2009, vol. 69, p. 173-178.

[9] GOH, S; PRICE, R.I; SONG, S. et al. Magnetic resonance-based vertebral morphometry of the thoracic spine: age, gender and level-specific influences. Clinical Biomechanics, 2000, vol. 15, iss. 6, p. 417-425.

[10] STAGNI, R.; CATANI, A.L.F.; CAPPELLO, A. A new semi-automated measurement technique based on X-ray pictures for ankle morphometry. *Journal of Biomechanics*, 2004, vol. 37, iss. 7, p. 1113-1118.4.

[11] NIGG, Benno M.; HERZOG, Walter. *Biomechanics of the Musculo-skeletal System*. Third Edition. Chichester: John Wiley & Sons Ltd., 2009. p. 672 s. ISBN 13978-0-470-01767-8.

[12] MRÁZKOVÁ, Olga. *Systematická, topografická a klinická ANATOMIE III: POHYBOVÝ APARÁT HLAVY A TRUPU*. 1. vyd. Praha: Univerzita Karlova, Karolinum, 1995, s. 210, ISBN 80-7184-111-0.

[13] DYLEVSKÝ, Ivan. *Kineziologie: základní strukturální kineziologie*. 1. vyd. Praha: Triton, 2009, s. 235. ISBN 978-80-7387-324-0.

[14] NAŇKA, Ondřej; ELIŠKOVÁ, Miloslava. *Přehled anatomie*. 2. vyd. Praha: Galén, 2009, s. 416, ISBN 978-80-7262-612-0.

[15] Orthopaedics Mcqs Postgraduation entrance preparation [online]. Cobb's angle [cit. 2010-02-09]. Dostupné z WWW:
<<http://ourorthopaedics.blogspot.com/2010/02/100-cobbs-angle.html>>.

[16] Scoliosis Imaging: What Radiologists Should Know. RadioGraphics. [online]. 2010, roč. 30, č. 7. [cit. 2010-03-10]. Dostupné z WWW:
<<http://radiographics.rsna.org/content/30/7/1823/F5.expansion.html>>.

[17] Visus.com [online]. 2011. JiveX the Modern Image Management System for All Fields of Medicine. [cit. 2011-01-09]. Dostupné z WWW:
<<http://www.visus.com/en/home.html>>.

[18] KRBEC, Martin. Poranění páteře. Učební texty z traumatologie pro posluchače lékařské fakulty MU [online]. Brno. 2009. [cit. 2011-03-16]. Dostupné z WWW:
<http://www.med.muni.cz/Traumatologie/Ortopedie_B/Ortopedie_2/Ortopedie_2.htm>.

[19] MMAR Medical Group, Inc. 2011. Braces & Supports, Cervical Spine, Ossur Philadelphia Collar. [online]. [cit. 2010-12-03]. Dostupné z WWW:
<http://www.mmarmedical.com/Philadelphia_Collar_p/php-t2.htm>.

[20] BARSA, Pavel; SUCHOMEL, Petr. Krční ortézy a jejich význam v klinické praxi. NEUROLÓGIA PRE PRAX. 2005, roč. 6, č. 6, s. 304-307.

[21] SLOVNIKY.CZ [online].Maxdorf, 2008-2011 [cit. 2011-04-10]. Velký lékařský slovník. Dostupné z WWW: <<http://lekarske.slovniky.cz/>>.

[22] MAGERL F.; AEBI M.; GERTZBEIN S.D. et al. Comprehensive Classification of Thoracic and Lumbar injuries. European Spine Journal, 1994, vol. 3, p. 184-201.

[23] Excel VBA [online]. 2010 [cit. 2011-04-15]. Source for Excel macros on the net. Dostupné z WWW: <<http://www.excel-vba-easy.com/vba-how-to-excel-macro-recorder.html>>.

Seznam obrázků

Obrázek 1: Kostra trupu [14].....	15
Obrázek 2: Páteř [14].....	17
Obrázek 3: Krční obratel - pohled na horní a boční plochu obratle [14].....	19
Obrázek 4: Atlas - pohled na horní a boční plochu [14].....	20
Obrázek 5: Axis - pohled na horní a boční plochu [14].....	20
Obrázek 6: Kraniovertebrální spojení - baze lební a krční páteř [14].....	21
Obrázek 7: Kraniovertebrální spojení a atlantoaxiální spojení [14].....	24
Obrázek 8: Zakřivení páteře [14].....	26
Obrázek 9: Digitalizace bodů krční páteře [2].	34
Obrázek 10: Cobbův úhel: a) ze dvou přímek, b) ze čtyř přímek [16].....	35
Obrázek 11: Konstrukce Cobbova úhlu mezi obratli C1-C7 v praxi [14].	36
Obrázek 12: Cobbův úhel se dvěma přímkami – frontální rovina [15].	37
Obrázek 13: Metoda Harrison posterior tangent [2].....	38
Obrázek 14: Metoda Harrison posterior tangent- praxe [2].	39
Obrázek 15: Translace obratlů C2-C7 [6].....	40
Obrázek 16: Philadelphia límec [19].	43
Obrázek 17: Cobbův úhel mezi obratli C1-C2 – předoperační snímek.	44
Obrázek 18: Cobbův úhel mezi obratli C3-C6 – předoperační snímek.	45
Obrázek 19: Translace obratlů C2-C6 – předoperační snímek.	45
Obrázek 20: Cobbův úhel mezi obratli C1-C2 – pooperační snímek.	46
Obrázek 21: Cobbův úhel mezi obratli C3-C6 – pooperační snímek.	46
Obrázek 22: Translace obratlů C2-C6 – pooperační snímek.	47

Seznam příloh

Příloha I: Program JiveX firmy VISUS. Logo, odvětví uplatnění, zobrazení pracovní plochy [17]

Příloha II: Statistické zpracování

Graf č. 1: Počet mužů a žen

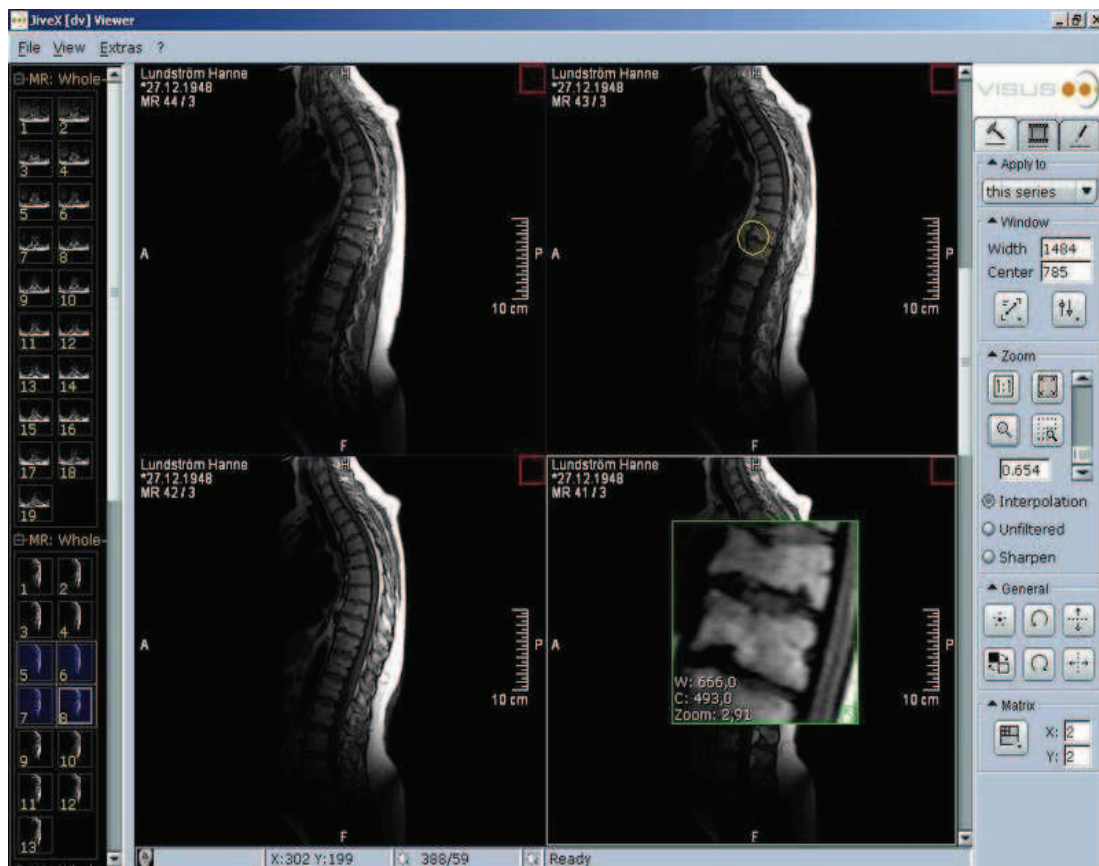
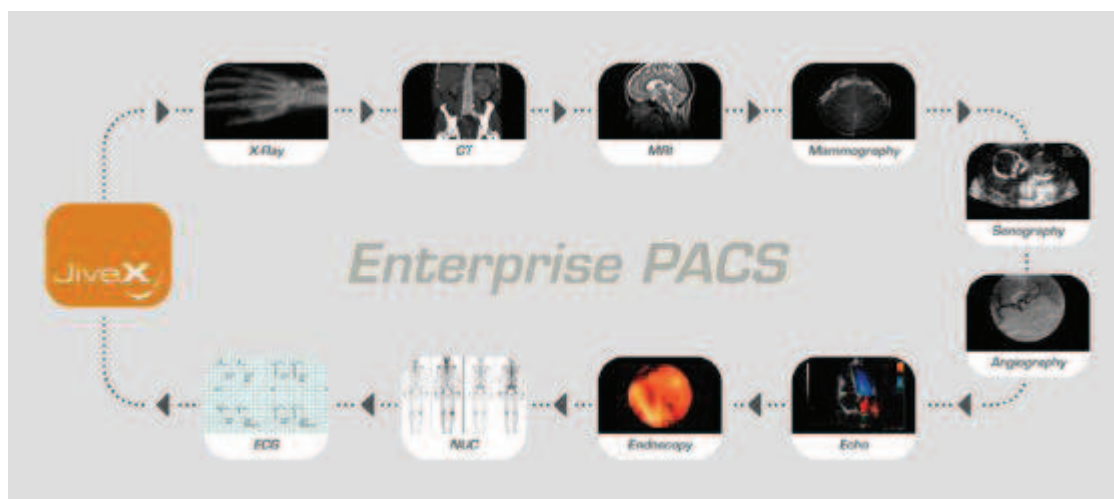
Graf č. 2: Rok operace

Graf č. 3: Změna velikosti úhlu mezi obratli C_1 - C_2 v předoperačním a pooperačním období

Graf č. 4: Změna velikosti úhlu mezi obratli C_3 - C_6 v předoperačním a pooperačním období

Graf č. 5: Změna velikosti translace mezi obratli C_2 - C_6 v předoperačním a pooperačním období

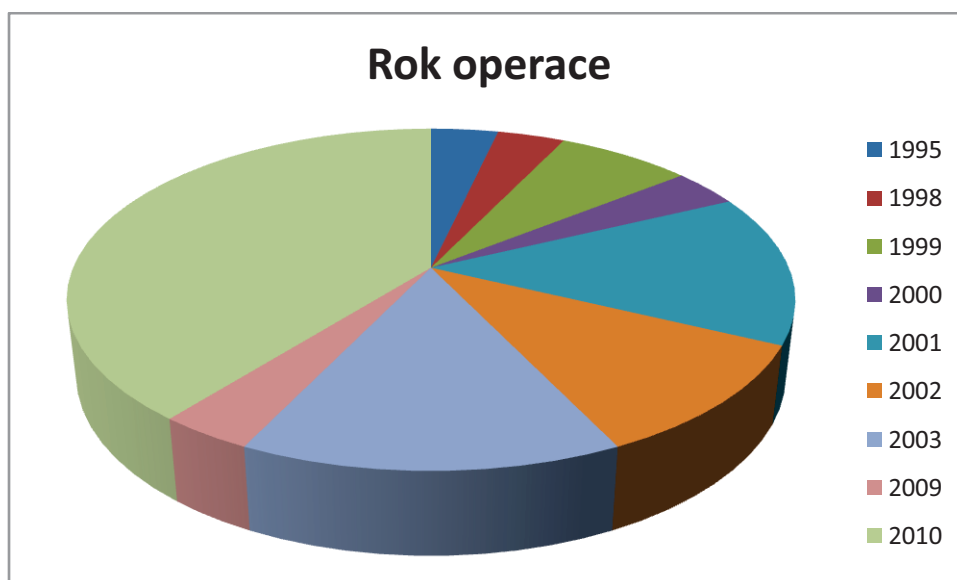
**Příloha I: Program JiveX firmy VISUS. Logo, odvětvví uplatnění, zobrazení
pracovní plochy [17]**



Příloha II: Statistické zpracování

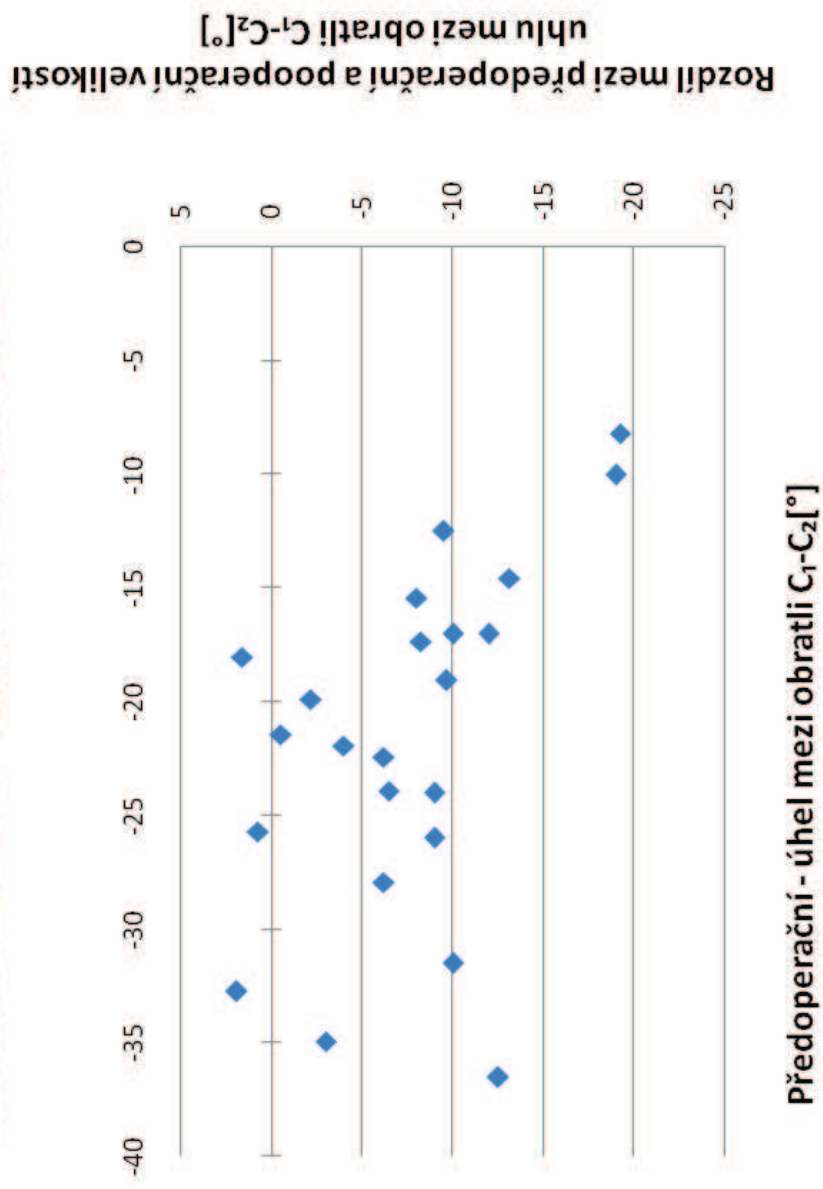


Graf č. 1: Počet mužů a žen

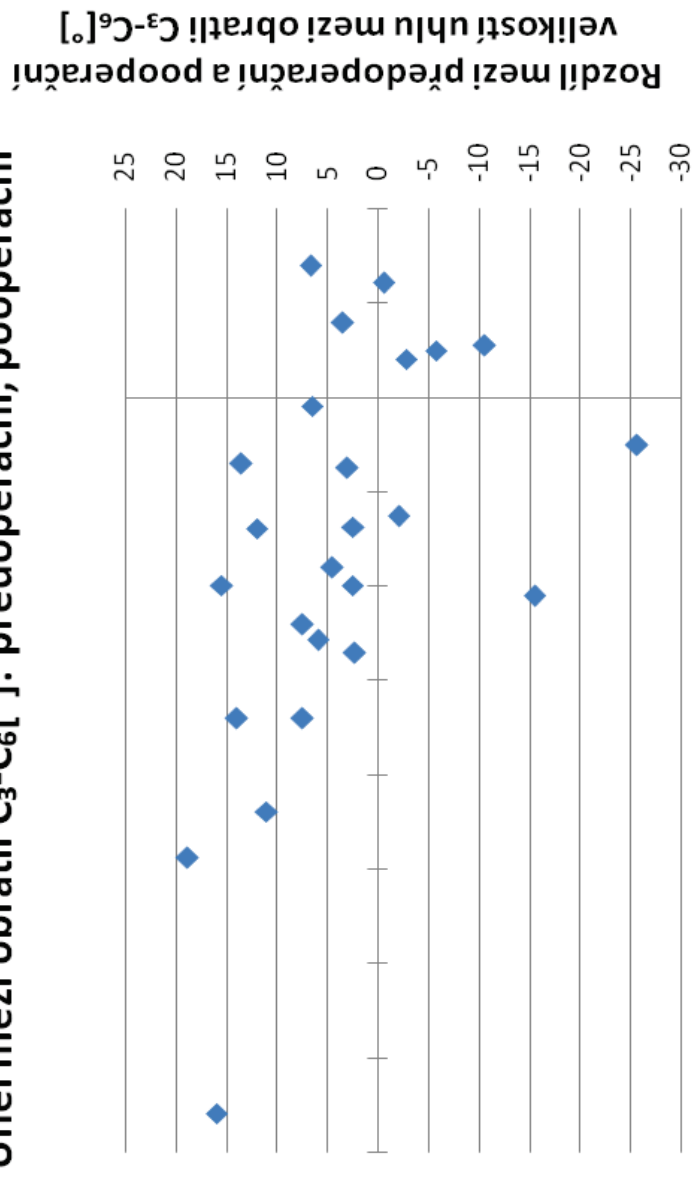


Graf č. 2: Rok operace

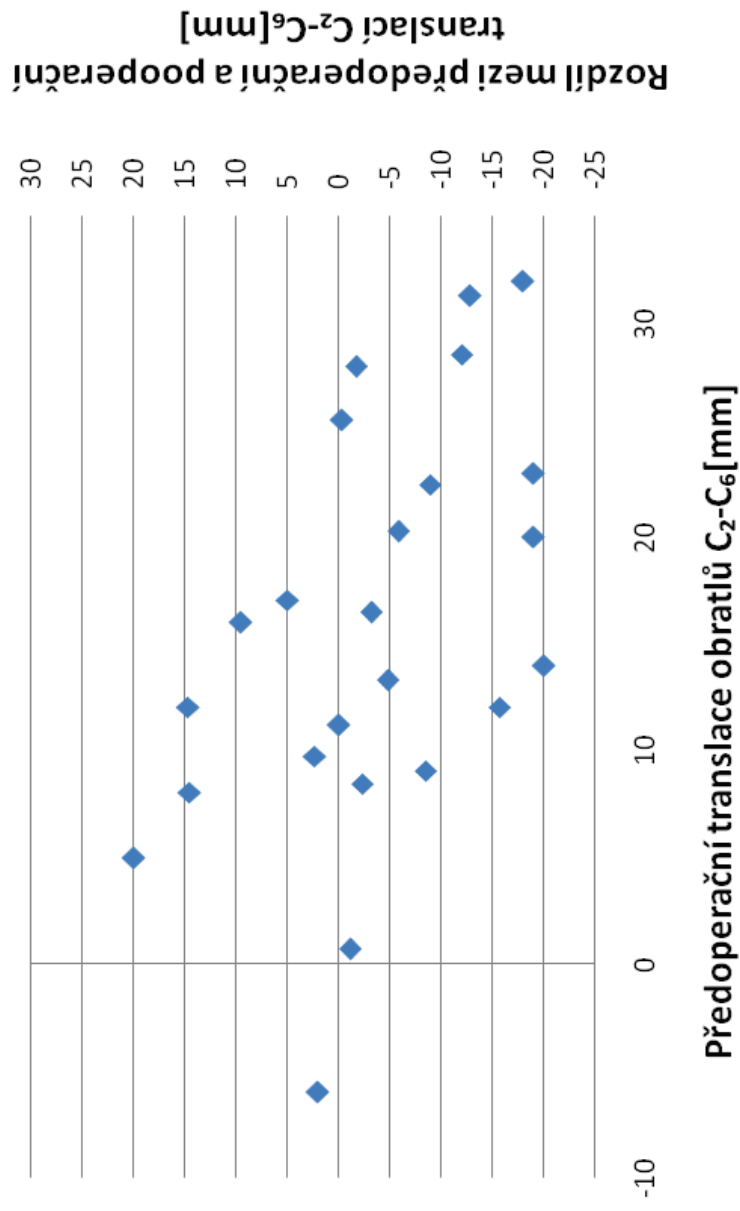
Úhel mezi obratli C_1 - C_2 [°]: předoperační, pooperační



Úhel mezi obratli C_3-C_6 [°]: předoperační, pooperační



Translace obratlů C_2 - C_6 [mm]: předoperační, pooperační



Graf č. 5: Změna velikosti translace mezi obratlí C_2 - C_6 v předoperačním a pooperačním období